



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# SÄHKÖTEHON TARVE OPETUSRAKENNUK- SISSA

Joonas Hannukainen

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2018  
Talotekniikan koulutus  
Sähköinen talotekniikka



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Talotekniikan koulutus  
Sähköinen talotekniikka

HANNUKAINEN, JOONAS:  
Sähkötehon tarve opetusrakennuksissa

Opinnäytetyö 69 sivua, joista liitteitä 34 sivua  
Huhtikuu 2018

---

Opinnäytetyössä selvitettiin opetusrakennusten sähkötehon tarvetta ja mahdollisuuksia vaikuttaa hetkittäiseen korkeaan sähkötehon tarpeeseen vuosina 2014-2016. Työssä tarkasteltiin 17 opetusrakennusta Tampereella, näistä kouluja oli 11 ja päiväkoteja kuusi. Kohteiden tutkittava mittausdata saatiin paikalliselta sähköverkkoyhtiöltä. Saadusta mittausdatasta tarkasteltiin keskimääräisiä tuntitehoja päivä- ja viikkotasolla kesällä ja talvella, työssä selvitettiin myös, minkälaisella tehoalueella opetusrakennukset yleensä toimivat. Mittausdataa käsiteltiin erilaisilla kuvaajilla, joiden perusteella tehtiin havaintoja sähkötehon tarpeesta. Tuloksien arvioiminen oli osin haasteellista, koska käytettävissä oli vain vajavaisia tietoja eri järjestelmiin tehtyjen parannusten ja korjausten yksityiskohdista sekä ajankohdista.

Tarkasteltavien kohteiden mittausdataa tutkittaessa huomattiin, että monessa kohteessa sähköliittymän koko on ylimitoitettu todelliseen tarpeeseen nähden. Koska mittausdata käsitti vain keskimääräisen tuntitehon, ei voi täysin perustellusti todeta kohteiden olevan ylimitoitettuja.

Tutkimuksessa esiintyneiden liian suurien liittymien pohjalla oletettiin olevan kokemusperäiseen tietoon perustuva mitoitus. Isoissa kohteissa suurimman mahdollisen sähkötehon arvioiminen on vaikeaa ja vaikeasti ennustettavaa. Tutkimusta olisi tarpeellista jatkaa tekemällä tarkempia mittauksia kohteesta ja selvittämällä, miten teho jakaantuu eri järjestelmien kesken. Näillä tiedoilla pystyttäisiin miettimään tarkemmin mahdollisuuksia pienentää kohteen sähkötehon tarvetta ja osallistumista sähkömarkkinoiden kysynnän joustoon.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Building Services Engineering  
Electrical Building Services

HANNUKAINEN JOONAS:  
The Need of Electric Power in Educational Buildings

Bachelor's thesis 69 pages, appendices 34 pages  
April 2018

---

The objective of this study was to gather information on the need of electric power in schools and kindergartens in Tampere region. The purpose of this thesis was to consider the amount of electric power and its timing. The purpose was to examine the hour-based data on the average hourly consumption of electric power from the subjects of research.

This study was carried out as a project. The theoretical section studied the laws and regulations of the measurement of electric power. The data on the research subjects for the empirical part were delivered by Tampereen Sähkölaitos. The data were analyzed by diagrams and histograms.

The results show that electric junctions are too big in some of the research targets. The results indicate that dimensioning the electric power in educational buildings does not have proper guidelines and it is based on empirical knowledge and estimation.

It would be interesting to carry out more exact measurements of electric power to find out the real peaks in the electric power. Further research might be helpful to avoid oversizing the electric junctions and to find out ways to reduce the need of electric power.

---

Key words: electric power, dimensioning of electric junction, educational buildings

## SISÄLLYS

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | JOHDANTO.....  | 6  |
| 2     | SÄHKÖTEHO SUOMESSA .....   | 7  |
| 2.1   | Sähkötehon mittaaminen.....  | 7  |
| 2.1.1 | Mittauslaitteistot ja luettavuus .....                               | 8  |
| 2.1.2 | Tiedonsiirto .....   | 9  |
| 2.1.3 | Mittaustiedon hyödyntäminen.....                                     | 10 |
| 2.2   | Sähkön hinnoitteluperusteet.....                                     | 11 |
| 2.2.1 | Nykytila.....  | 12 |
| 2.2.2 | Tehomaksu perusteinen hinnoittelu .....                              | 13 |
| 2.3   | Kysynnän jousto .....  | 14 |
| 2.3.1 | Kysynnän jousto palvelurakennuksissa.....                            | 14 |
| 3     | SÄHKÖLIITTYMÄN MITOITTAMINEN.....                                    | 16 |
| 4     | TUTKIMUSMENETELMÄT TUNTIMITTAUSDATAN<br>ANALYSOINNISSA .....         | 17 |
| 4.1   | Kohteet.....   | 18 |
| 4.2   | Haasteet tiedostojen käsittelyssä.....                               | 18 |
| 4.3   | Tutkimusaiheet.....  | 19 |
| 5     | KOhteiden MITTAUSTIEDOT JA NIIDEN ANALYSOINTI .....                  | 20 |
| 5.1   | Päiväkotien ja koulujen tyypillinen tehon päiväkäyttäytyminen .....  | 20 |
| 5.1.1 | Kesäaikaan .....   | 21 |
| 5.1.2 | Talviaikaan.....   | 23 |
| 5.2   | Päiväkotien ja koulujen tyypillinen tehon viikkokäyttäytyminen ..... | 24 |
| 5.2.1 | Kesäaikaan .....   | 25 |
| 5.2.2 | Talviaikaan.....   | 26 |
| 5.3   | Tehojen jakauma vuoden aikana.....                                   | 28 |
| 5.4   | Kulutushuippujen sijoittuminen valtakunnan tehohuippuihin.....       | 31 |
| 5.5   | Keskivirrat korkeimman KTT:n aikaan .....                            | 33 |
| 6     | JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA .....                                     | 34 |
|       | LÄHTEET .....  | 35 |
|       | LIITTEET .....   | 36 |
|       | Liite 1. Kisapuiston päiväkodin kuvaajat .....                       | 36 |
|       | Liite 2. Tasanteen päiväkodin kuvaajat.....                          | 38 |
|       | Liite 3. Luhtaan päiväkodin kuvaajat .....                           | 40 |
|       | Liite 4. Amurin päiväkodin kuvaajat.....                             | 42 |
|       | Liite 5. Järvensivun koulun kuvaajat.....                            | 44 |
|       | Liite 6. Kanjonin koulun kuvaajat .....                              | 46 |

|   |    |
|---|----|
| Liite 7. Atalan koulun kuvaajat .....             | 48 |
| Liite 8. Leinolan koulun kuvaajat.....            | 50 |
| Liite 9. Olkahisten koulun kuvaajat .....         | 52 |
| Liite 10. Kissanmaan koulun kuvaajat .....        | 54 |
| Liite 11. Koiviston koulun kuvaajat .....         | 56 |
| Liite 12. Koulukadun päiväkodin kuvaajat .....    | 58 |
| Liite 13. Pohjois-Hervannan koulun kuvaajat ..... | 60 |
| Liite 14. Tammelan koulun kuvaajat.....           | 62 |
| Liite 15. Hatanpään koulun kuvaajat.....          | 64 |
| Liite 16. Takahuhdin koulun kuvaajat.....         | 66 |
| Liite 17. Nekalan koulun kuvaajat .....           | 68 |

## 1 JOHDANTO

Sähköliittymän oikea mitoittaminen on tärkeä osa rakennuksen sähköisen toimivuuden kannalta. Korjauskertoimien käyttö mitoittaessa muita kuin asuinrakennuksia vaikuttaa pitkälti arvioinnilta ja kokemukseen perustuvalle tiedolle. Tästä syystä oli mielenkiintoista perehtyä opetusrakennusten sähkötehon tarpeeseen ja tutkia, onko sähköliittymien mitoitus onnistunut näissä kohteissa.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää opetusrakennusten sähkötehon tarvetta ja kuinka opetusrakennuksissa voitaisiin pienentää korkeimpia keskimääräisiä tuntitehoja. Keskimääräisestä tuntitehosta käytetään tässä työssä lyhennettä KTT ja sillä tarkoitetaan yhden tunnin aikaisen mitatun sähkötehon keskimääräistä arvoa. Aihe rajautui palvelurakennuksista pelkkiin opetusrakennuksiin, koska vertailu koulujen ja päiväkotien välillä on samankaltaisen käyttötarkoituksen ja päivärytmin kannalta selkeämpää.

Työssä analysoidaan Tampereen Sähkölaitokselta saatua mittausdataa Tampereen alueen kouluista ja päiväkodeista. Analysoidun datan perusteella pohditaan opetusrakennusten tehonkulutusta ja tehon tarvetta. Työssä pohditaan myös, että miten opetusrakennuksissa voitaisiin osallistua kysynnän joustoon ja pienentää osaltaan korkeimpia huipputehojaan.

## 2 SÄHKÖTEHO SUOMESSA

### 2.1 Sähkötalon mittaaminen

ST-kortissa 11.51 (2013) sanotaan, että rakennukset varustetaan energiankäytön mittauksella tai mittausvalmiudella siten, että rakennuksen eri energiamuotojen käyttö voidaan helposti selvittää. Jos mittauksen tai mittausvalmiuden rakentaminen voidaan osoittaa epätarkoituksenmukaiseksi, voidaan mittauksista luopua. ST-kortissa lisätään, että rakennukset varustetaan sähkönmittauksella, josta saadaan tieto rakennuksen koko sähköenergiankulutuksesta. Asetuksessa edellytetään myös, että muiden kuin käyttötarkoitukseluokan 1 rakennusten ilmanvaihto- ja jäähdytysjärjestelmät tulee varustaa sähkönkulutuksen mittauksella. Myös kiinteä valaistusjärjestelmä täytyy varustaa sähkönkulutuksen mittauksella muissa kuin käyttötarkoitukseluokkien 1 ja 2 rakennuksissa. (ST 11.51, 2013)

#### Rakennusten käyttötarkoitukseluokkien jaottelu

- |  |  |
|--|--|
| <p>1 Erilliset pientalot sekä rivi- ja ketjutilat</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Yhden asunnon talot</li> <li>– Kahden asunnon talot</li> <li>– Muut erilliset pientalot</li> <li>– Rivi- ja ketjutilat</li> <li>– Majoituselinkeinon harjoittamiseen tarkoitettujen lomajäsenasunnot, joissa on suunniteltu kokovuotiseen käyttöön tarkoitettu lämmitysjärjestelmä</li> </ul> <p>2 Asuinkerrostalot</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Luhtitalot</li> <li>– Muut asuinkerrostalot</li> </ul> <p>3 Toimistorakennukset</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Toimistorakennukset</li> <li>– Terveyskeskukset</li> <li>– Muut terveydenhuoltorakennukset</li> </ul> <p>4 Liikerakennukset</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Myymälähallit</li> <li>– Liike- ja tavaratalot, kauppakeskukset</li> <li>– Muut myymälä- ja kauppa- ja kongressitalot</li> <li>– Teatterit, ooppera-, konsertti- ja kongressitalot</li> <li>– Elokuvateatterit</li> <li>– Kirjastot ja arkistot</li> <li>– Museot ja taidegalleriat</li> <li>– Näyttelyhallit</li> </ul> | <p>5 Majoitusliikerakennukset</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Hotellit yms.</li> <li>– Asuntolat yms.</li> <li>– Vanhainkodit</li> <li>– Lasten- ja koulukodit</li> <li>– Kehitysvammaisten hoitolaitokset</li> </ul> <p>6 Opetusrakennukset ja päiväkodit</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Lasten päiväkodit</li> <li>– Yleissivistävien oppilaitosten rakennukset</li> <li>– Ammatillisten oppilaitosten rakennukset</li> <li>– Korkeakoulurakennukset</li> <li>– Tutkimuslaitosrakennukset</li> </ul> <p>7 Liikuntahallit pois lukien uima- ja jäähallit</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Tennis-, squash- ja sulkapallohallit</li> <li>– Monitoimihallit ja muut urheiluhallit</li> </ul> <p>8 Sairaalat</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Keskussairaalat</li> <li>– Muut sairaalat</li> </ul> <p>9 Muut rakennukset</p> <p>Muita rakennuksia ovat esimerkiksi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Varastorakennukset</li> <li>– Uimahallit</li> <li>– Jäähallit</li> <li>– Liikenteen rakennukset</li> <li>– Rakennuksiin liittyvät ja erilliset moottoriajoneuvosuojat</li> </ul> |
|--|--|

KUVA 1. Rakennusten käyttötarkoitukseluokkien jaottelu (ST 11.51 2013, liite 1.)

Valtioneuvoston asetuksessa (217/2016) on määrätty, että sähköverkkoon liitetty sähkönkäyttöpaikka tulee varustaa sähkönkulutuksen mittaavalla mittauslaitteistolla. Mittauslaitteistolle ja -järjestelmälle asetettavat yleiset vaatimukset sähköverkossa määräävät

myös, että sähkönkulutuksen ja pienimuotoisen sähköntuotannon mittauksen tulee perustua tuntimittaukseen ja mittauslaitteiston etäluentaan. Tästä vaatimuksesta käytetään termiä tuntimittausvelvoite. (Valtioneuvoston asetus 217/2016.)

### **2.1.1 Mittauslaitteistot ja luettavuus**

Valtioneuvoston asetuksen (217/2016) mukaan tuntimittauslaitteistolla tarkoitetaan laitteistoa tai laitteistojen yhdistelmää, joka mittaa ja kirjaa muistiin sähkönkulutuksen tai sähkön syötön verkkoon tasatunnein, rekisteröity tieto voidaan myös lukea viestintäverkon välityksellä laitteiston muistista.

Energiaviraston linjauksen mukaan tuntimittauslaitteistolla katsotaan tarkoitettavan sitä, että kohteessa on tuntikohtaiseen rekisteröintiin soveltuva mittalaite, eli tuntimittari. Tuntimittarilta on myös päivittäiseen tiedonsiirtoon soveltuva tiedonsiirtoyhteys, lisäksi luentajärjestelmän kunto on sellainen, että sillä voidaan tarvittaessa lukea päivittäin tuntitiedot kaikista tuntimittareilla varustetuista kohteista. Tuntimittauslaitteiston määritelmä ei sisällä mittaustiedonhallintajärjestelmän valmiutta tuntimittaustietojen käsittelyyn. (Tuntimittauksen periaatteita 2016.)

Valtioneuvoston asetuksessa (66/2009) on annettu toiminnallisia vaatimuksia sähkönkäyttöpaikkaan asennettavalle tuntimittauslaitteistolle. Asetuksessa annettuja toiminnallisia vaatimuksia ovat seuraavat:

- Viestintäverkon kautta tulee voida lukea mittauslaitteen rekisteröimä tieto (etäluentaominaisuus).
- Järjestelmän muistiin tulee tallentaa yli kolmen minuutin jännitteettömän jakson alkamis- ja päättymisaika.
- Mittauslaitteiston tulee kyetä vastaanottamaan ja panemaan täytäntöön tai välittämään eteenpäin viestintäverkon kautta lähetettäviä kuormanohjauskomentoja.
- Mittausten ja jännitteettömien aikojen tiedot tulee tallettaa verkonhaltijan mittaustietoa käsittelevään tietojärjestelmään, lisäksi mittaustietoa tulee säilyttää verkonhaltijan tietoverkossa vähintään 6 vuotta ja jännitteetöntä aikaa koskevia tietoja vähintään kaksi vuotta.



- Tietosuoja tulee olla varmistettu asianmukaisesti mittauslaitteiston ja verkonhaltijan mittaustietoa käsittelevän tietojärjestelmän osalta.

Erillisestä tilauksesta tulee verkonhaltijan tarjota asiakkaan käyttöön tuntimittauslaitteisto, jossa on reaaliaikaisen sähkönkulutuksen seurantaan standardoitu liitäntä (Valtioneuvoston asetus 66/2009).

Sähköenergian mittaus toteutetaan suoralla mittauksella enintään  $3 \times 63$  A etusulakekoon asti. Jos päävarokkeet ovat tätä suuremmat, tulee epäsuoran mittauksen toteuttamiseksi sähköpääkeskus varustaa virtamuuntajilla. Virtamuuntajien tarkkuusluokan tulee olla 2S, ja virtamuuntajat valitaan kohteen etusulakkeiden suuruuden mukaisesti 0,25–1 kertaa virtamuuntajien toisiomitoitustaakka. (ST 13.31 2015.)

Valtioneuvoston asetuksen (217/2016) mukaan sähkönkäyttöpaikan tuntimittauslaitteisto tulee lukea vähintään kerran vuorokaudessa. Muut mittauslaitteistot tulee lukea vähintään neljä kertaa vuodessa, jakeluverkonhaltijan vastuulle kuuluu vähintään yksi luentakerta. Jakeluverkonhaltijalla on oikeus arvioida sähkönkulutus aikaisempaan kulutukseen perustuen, jos

- mittauslaitteiston vikaantumisen vuoksi sähköä ei ole voitu mitata
- etäluettavan mittauslaitteiston tiedonsiirtohäiriön vuoksi mittaustiedot eivät ole luettavissa
- loppukäyttäjän vastuulla on mittauslaitteiston luenta, eikä tämä ole ilmoittanut mittarilukemaa kyseiseltä laskutuskaudelta
- verkonhaltijalla ei ole pääsyä mittauslaitteistolle sen sijoituspaikan vuoksi, eikä loppukäyttäjä ole toimittanut lukemaa verkonhaltijalle kohtuullisessa määräajassa verkonhaltijan tiedusteltua tätä häneltä.

Menetelmästä, jota verkonhaltija soveltaa sähkönkäyttöpaikan sähkönkulutuksen arvioinnissa, on julkaistava selvitys (Valtioneuvoston asetus 217/2016).

### **2.1.2 Tiedonsiirto**

Energiateollisuus antaa julkaisussaan Tuntimittauksen periaatteita ohjeita sähkömarkkinalainsäädännön vaatiman tuntimittauksen toteutukselle. Tiedonsiirtoyhteyden tulee olla

mittalaitteen ja luentajärjestelmän välillä kaksisuuntainen, suosituksena on myös, että tiedonsiirtoyhteys valitaan niin, että tiedonsiirto on mahdollinen kaikkina vuorokauden aikoina. Lisäksi tiedonsiirtoprotokollan tulee perustua julkiseen standardiin (esimerkiksi DLMS/COSEM). Eri tiedonsiirtojärjestelmiltä on hyvä edellyttää avoimuutta, jotta eri valmistajien mittalaitteiden sovittaminen samoihin järjestelmiin onnistuu. Julkisen standardin tiedonsiirtoprotokollasta huolimatta on varmistettava, että asiattomat eivät pääse tietoihin käsiksi. Tiedonsiirtoprotokollalta edellytetään myös, että tiedonsiirrossa tieto ei voi muuttua ilman, että luentajärjestelmä havaitsee sen. Virheidenhavainnointimenetelmän tulee olla myös julkinen. (Tuntimittauksen periaatteita 2016.)

Mittausasetuksen mukainen yleinen toimintatapa tietojen raportoinnissa asiakkaalle on verkonhaltijan pienasiakkaille tarjoama online-palvelu. Online-palvelusta asiakkaan tulee saada tietonsa tuntikohtaisesti siten, että tiedot voi poimia halutessaan helposti jatkojalostusta varten. (Tuntimittauksen periaatteita 2016.)

### **2.1.3 Mittaustiedon hyödyntäminen**

Kerättyä mittaustietoa voidaan hyödyntää tutkimalla rakennuksen sähkötehon tarpeen käyttäytymistä. Jos mittarointi tehdään tarkemmaksi, eli erilaisille kuormille, kuten ilmanvaihto ja valaistus, on omat kulutusmittarit, voidaan näistä tarkastella sähkötehon tarpeen jakautumista eri aikoina. Tällä saadaan spesifimpää tietoa rakennuksen käyttäjien kulutustottumuksista ja kun käyttäjä näkee nämä tiedot, voi hän muokata omia kulutustottumuksiaan kohti vähäenergisempää käyttöä.

Mittaustietojen seuraaminen pitkällä aikavälillä voi paljastaa rakennuksessa esiintyviä ongelmia tai muutoksia. Esimerkiksi lisääntynyt ilmanvaihdon sähkötehon tarve ja vastaavana pysyvä tai huonontunut sisäilma voivat paljastaa esimerkiksi suodattimien huonon kunnon. Tavalliselle loppukäyttäjälle täytyisi myös opastaa, kuinka omia mittaustietoja luetaan ja miten käyttäjä itse voisi pienentää sähkötehon käyttöään.

## 2.2 Sähkön hinnoitteluperusteet

Sähkötoimituksen hinta muodostuu Suomessa sähköenergian hinnasta, sähkön siirron hinnasta sekä veroista. Energian hinta muodostuu yleensä kiinteästä kuukausittaisesta perusmaksusta sekä sähkön kulutuksesta riippuvalla kulutusmaksulla. Kulutushintaan vaikuttaa myös sähkönmyyjälle sähkön ostosta ja myyntityöstä aiheutuneet kulut. Käytössä voi olla myös erilaisia kuluttajille suunnattuja tariffeja, joissa kulutuksesta maksetaan erilaista kulutusmaksua eri ajankohdilla. Sähkönmyyjät jaottelevat tariffit normaalisti Valtioneuvoston asetuksen 66/2009 mukaisesti yleis-, kaksiaika- ja kausiaikasähköön sekä tuntihinnoitteluun perustuvaan sähköön. Yleissähkössä kulutusmaksu on yksihintainen, tuntihinnoittelussa on taas oma hintansa jokaiselle tunnille. Kaksiaikasähkössä on yö- ja päiväsaikojen oma kulutushintansa, normaalisti päiväsaikalla tarkoitetaan kello 7 ja 22 välistä aikaa, muuna aikana kulutettu sähkö on yösaikaa. Kausiaikasähkössä kulutusmaksu on erillinen talviarkipäivisin, jolla yleensä tarkoitetaan aikaa maanantaista lauantaihin 7-22, kausi kestää marraskuun alusta maaliskuun loppuun. (Sähkön hinta 2018.)

Paikallisella sähköverkonhaltijalla on aina yksinoikeus sähkön siirtopalveluun, joten siirtopalvelua ei asiakas voi kilpailuttaa. Siirtopalvelun hintaa kuitenkin valvoo Energiavirasto, jotta hinta pysyy kohtuullisena. Siirtopalvelun hinta koostuu sähkön siirrosta, kulutuksen mittauksesta sekä taseselvityksestä. Sähkön siirtämisellä tarkoitetaan sähkön tuomista sähköverkon kautta kuluttajalle. Kuluttajalle sähkön siirron hinta koostuu yleensä kiinteästä kuukausimaksusta sekä kulutuksesta riippuvasta maksusta. Kuten energianhinnoittelussa, käytössä voi olla myös siirtohinnoittelu, jossa eri ajankohtina on erillinen hinnoittelu. Sähköverkon investoinnit, ylläpito sekä käyttökustannukset katetaan siirtomaksuilla. (Sähkön hinta 2018.)

Sähkön siirtämisestä sekä sähköenergian hinnasta maksetaan arvonlisäveroa (24 %), siirtohinnasta maksetaan myös sähköveroa. Sähköveron suuruus riippuu sähköveroluokasta, joka on kaksiportainen sisältäen sähköveroluokka I:n ja sähköveroluokka II:n. Sähköveron määrä on veroluokassa I 2,253 snt/kWh, josta energiaveroa on 2,24 snt/kWh ja huoltovarmuusmaksua 0,013 snt/kWh. Veroluokassa II sähköveron määrä on 0,703 snt/kWh, josta energiaveroa on 0,69 snt/kWh ja huoltovarmuusmaksu 0,013 snt/kWh. Veron määrät perustuvat sähkön ja eräiden muiden polttoaineiden valmisteverosta annetun lain (1260/1996) liitteen verotaulukossa 1 ja 2, jotka on muutettu lakiin 973/2017, ja ne ovat

voimassa 1.1.2018 alkaen. Veroluokan II veroa suoritetaan sähköstä, jota käytetään teollisuudessa tai konesaleissa ja joka voidaan sinne toimitettaessa erikseen mitata. Muusta sähköstä veroa on maksettava veroluokan I mukaisesti, eli tähän kuuluu valtaosa sähkönkuluttajista. (Laki sähkön ja eräiden polttoaineiden valmisteverosta 30.12.1996/1260 ; 973/2017.)

Sähkömarkkinalaissa (1430/2014) on kielletty verkkopalvelun hinnoittelussa ehdot, jotka voivat estää sähkönkulutuksen jouston tarjoamisen säätösähkömarkkinoille tai lisäpalvelujen ostajille. Ehdot eivät myöskään saa estää vähittäismyyjiä asettamasta saataville järjestelmäpalveluja kysynnänhallintaa tai kysynnänohjaustoimenpiteitä varten. Sähkönkulutuksen joustosta ja kysynnänohjaustoimenpiteistä aiheutuvat hyödyt ja kustannukset on otettava huomioon verkkopalvelujen hinnoittelussa. Hinnoittelun kohtuullisuutta valvoo Energiavirasto. Valvonta kohdistuu vain kokonaisuuteen, eli liikevaihtoon ja tuottoon, mutta jakeluverkkoyhtiöt voivat itse päättää tariffirakenteensa, eli kuinka kustannukset kerätään erilaisilta asiakkailta. (Sähkömarkkinalaki 1430/2014.)

### **2.2.1 Nykytila**

Matkalla kohti joustavaa ja asiakaskeskeistä sähköjärjestelmää on teollisuusministeriön julkaisu 38/2017. Julkaisu on älyverkkotyöryhmän väliraportti, jossa on käsitelty mm. siirtohinnoittelun nykytilaa ja jakeluverkon siirtohinnoittelun siirtymistä tehopohjaiseksi. Nykyisin sähköverkkoyhtiöillä on sähkömarkkinalain (1430/2014) perusteella mahdollisuuksia ottaa käyttöön hyvin erilaisia siirtohinnoitteluperusteita. Pääosin verkkoyhtiöillä siirtohinnoittelu perustuu kiinteään kuukausittaiseen perusmaksuun ja energiaperusteiseen muuttuvaan osaan. Energiaperusteisen maksun osuuden laskiessa ovat perusmaksun osuutta useat verkkoyhtiöt kasvattaneet, koska investoinnit, joita verkkoyhtiöt tekevät eivät ole riippuvaisia siirretyn energian määrästä. Vaikutus tällä kehityksellä on, että asiakas ei voi vaikuttaa siirtolaskuunsa. Verkkopalveluhinnoittelun kehittäminen kustannusvastaavammaksi on mahdollista kehittyneellä mittaustekniikalla, tällöin asiakkaalla on myös mahdollisuus vaikuttaa siirtomaksuunsa, mikä on tavoitetilä. (Matkalla kohti joustavaa... 2017 ; Honkapuro, S. ym. 2017.)

### 2.2.2 Tehomaksu perusteinen hinnoittelu

Teollisuusministeriön väliraportin mukaan keskustelu on yleisesti virinnyt jakeluverkko-maksujen muuttamisesta tehoerusteisemmaksi, sillä jakeluverkot mitoitetaan huipputehon mukaan. Tehoerusteisella hinnoittelulla kohdistettaisiin jakeluverkkojen ylläpidon, käyttämisen ja kehittämisen kustannuksia kustannusvastaavammaksi kuin energiaperusteinen siirtomaksu. Väliraportissa on mainittu tehoon liittyvän siirtohinnoittelun tavoitteeksi pienentää kulutuksen huipputehoa. Kulutuksen huipputehon pienentämisellä voitaisiin lykätä tai välttää jakeluverkkojen vahvistamista, parantaa sähköjärjestelmän toimitusvarmuutta sekä aktivoida asiakasta kysyntäjoustoon. Väliraportti perustuu tutkimusprojektiin ”Jakeluverkon tariffirakenteen kehitysmahdollisuudet ja vaikutukset”, jossa on ollut mukana Lappeenrannan teknillisen yliopiston (LUT) sekä Tampereen teknillisen yliopiston (TUT) tutkimusryhmät aikavälillä 8/2016-6/2017. (Matkalla kohti joustavaa... 2017.)

Tavoitteena tehokomponentin ottamisella osin korvaavaksi osaksi siirron perusmaksua on asiakkaan parempi mahdollisuus vaikuttaa siirtolaskunsa suuruuteen. Huomioitavaa kuitenkin on eri asiakkaiden erilaiset mahdollisuudet tehon joustoon, sillä suurella osalla asiakkaista on joustomahdollisuus tehon kautta varsin pientä. Esimerkkinä tällaisista asiakkaista ovat kaukolämmitteisissä rivi- ja kerrostaloissa asuvat, joiden huipputehon määräävä tekijä on mahdollisesti sähkösaunat. (Matkalla kohti joustavaa... 2017.)

Cibse Journalin artikkelin mukaan Isossa-Britanniassa on otettu huhtikuun alusta laki, jolla sähköverkkoyhtiöt voivat laskuttaa asiakkailtaan enemmän ennalta määrätyn huipputehon ylittämisestä. Tähän asti myös Isossa-Britanniassa on laskutettu sama hinta huipputehon ylittävästä osasta kuin normaalista käytöstä. Huhtikuun alusta alkaen, riippuen alueesta ja jännitetasosta, voidaan loppukäyttäjältä laskuttaa jopa kolminkertainen hinta, jos loppukäyttäjä ylittää huippukulutuksessaan yli puolen tunnin jaksoja. Artikkelissa esitetään keinoiksi estää tehopiikkejä parantaa energiatehokkuutta ja luoda järjestelmiä, jotka rajoittavat käytettävää sähkötehoa ilman, että rakennuksen käyttäjä sitä huomaa. (Intelligent load control... 2018.)

Tämän kaltaisella hinnoittelulla voisi olla kalliita vaikutuksia käyttäjälle, riippuen siitä, kuinka säännöllistä tehorajojen ylittäminen on. Kun kuitenkin tarkastellaan tässä työssä tutkittavia tehojen jakauman kuvaajia opetusrakennuksista Tampereen alueella, nähdään,

että tuntikohtaiset keskitehot ovat vain pieniltä osin korkeita vuoden aikana normaalista sähkötehon tarpeesta. Näin voidaan ajatella, että hintavaikutus ei välttämättä olisi niin suuri opetusrakennusten kohdalla. Teknisten ratkaisujen parantaminen ja lisääminen kohteissa pienentäisi kuitenkin jo nykyistä sähkötehotarvetta.

## **2.3 Kysynnän jousto**

Sähkön hintaan vaikuttaa sähkön saatavuuden vaihtelu, sillä ajoittain sähköä on saatavilla enemmän ja halvalla, vastaavasti ajoittain sähkön saatavuus on pienempää, jolloin myös sähkön hinta on korkeampi. Uusiutuvaan energiaan perustuva sähköntuotanto kasvaa jatkuvasti, näistä esimerkiksi tuuli- ja aurinkovoimalle on tavallista tuotantomäärien sääriippuvainen vaihtelevuus. Sähkön kulutuksen mukauttamista sähköntuotannon vaihteluun kutsutaan sähkön kysyntäjoustoksi. Esimerkiksi lämminvesivaraaja on voitu ohjata automatiikalla päälle yöaikaan, jolloin sähkö on yleisesti halvempaa. Uudet älymittarit ovat kuitenkin muuttaneet perinteisen kysyntäjouston päivä-yö -jakoa tarkemmaksi, tunnin tarkkuuteen. (Sähköä kannattaa käyttää joustavasti.)

Kysynnän joustossa merkittävää on eri järjestelmien ja laitetyyppien ohjauspotentiali. Myös sähköntarpeet vaihtelevat paljon rakennustyyppistä ja käyttötarkoituksesta riippuen. Rakentamisajankohta ja tekniset ratkaisut rajaavat tai mahdollistavat kysynnän joustoon osallistumista, ohjattavaa kuormaa ovat esimerkiksi valaistuksen, ilmastoinnin, jäähdytyksen ja sulanapidon sähkötehot. (Pertti Järventausta ym. 2015.)

### **2.3.1 Kysynnän jousto palvelurakennuksissa**

Loppukäyttäjälle kysynnän jousto mahdollistaa esimerkiksi edullisen hinnan aikaisen sähkön käytön, ostosähkön vähentämisen, oman pientuotannon täysimääräisen hyödyntämisen, huipputehojen pienentämisen ja mahdollisesti liittymäkoon rajoittamisen. Oman pientuotannon siirtyminen takaisin markkinoille laskee kannattavuutta, sillä kulutetun sähkön ja oman tuotetun sähkön hinta eroaa verotuksellisesti toisistaan. Myytävästä ylimääräisestä tuotannosta loppukäyttäjälle korvataan ainoastaan takaisin siirrettävästä energiasta, kun verkosta otetusta sähköstä joutuu loppukäyttäjä maksamaan myös siirtohinnan ja verot. (Pertti Järventausta ym. 2015.)

Palvelurakennuksissa kysynnän joustoa on mahdollista toteuttaa esimerkiksi tiputtamalla hetkellisesti ilmanvaihdon tehoa. Ilmanvaihdon tehon tiputtaminen ei saa kuitenkaan vaikuttaa sisäilmaolosuhteisiin negatiivisesti, jolloin tulee toteuttaa olosuhdemittaukset riittävältä osin. Sisäilmaolosuhteita tulisikin aina pitää reunaehtoina kysynnän joustolle. Tavallisesti ilmanvaihto-ohjelmat on suunniteltu säädöiltään rauhallisiksi, joten myös perinteisten automaatiotoimintojen ohjelmointeihin tarvitaan muutoksia, jotta ilmanvaihtoa voidaan hyödyntää kriittisten kysynnän jousto-ohjausten osalta. (Pertti Järventausta ym. 2015.)

Kysynnän jouston loppuraportissa (Pertti Järventausta ym. 2015) on arvioitu taulukossa 4.8 koko Suomen opetusrakennuksien valaistuksen sähkötehoksi 220 MW. Perusteena tälle on opetusrakennuksille käytetty  $12 \text{ W/m}^2$  mitoitus-tehoa. Kysynnän jouston kannalta yksinkertaisissa järjestelmissä tehomuutos tapahtuu lähinnä vain sammuttamalla kytkentäryhmittäin valaisimia. Väyläohjatuilla järjestelmillä valaisimien tehoa voidaan yleensä portaattomasti säätää tarpeen mukaan, varsinkin toisarvoisissa tiloissa, kuten varastoissa, voidaan pudotusta tehdä enemmän ilman, että valaistustason tippuminen vaikeuttaa työtehtäviä. Valaistustason muutokset on kuitenkin hyvä tehdä hitaasti, esimerkiksi kymmenien sekuntien aikana, jotta muutosta ei havaita. (Pertti Järventausta ym. 2015.)

### 3 SÄHKÖLIITTYMÄN MITOITTAMINEN

ST-kortti 13.31 (2015) antaa ohjeita erilaisten kohteiden tehon mitoittamiseen. Mitoittaessa muita kuin asuinrakennuksia, mitoitetetaan sähköteho  $P_M$  kaavan 1 mukaisesti.

$$P_M = 1,3 \cdot (P_{LVIA} + P_{valaistus} + P_{laitteet} + P_{SLK} + P_{muut}) \quad (1)$$

Kaavassa  $P_M$  on mitoittava sähköteho,  $P_{LVIA}$  on LVIA-kojeiden sähköteho (LVIA-suunnittelijalta),  $P_{valaistus}$  on valaistuksen yhteenlaskettu teho (valaisinluettelosta), kohteeseen tulevien laitteiden sähköteho  $P_{laitteet}$  saadaan arkkitehdilta.  $P_{SLK}$  on sähkölämmityksen kuorma, ja  $P_{muut}$  on mahdollisten muiden suurten sähkötehonkuluttajien kuormitukset. Kerroin 1,3 on tulevaisuuden varalla järjestelmiin lisäyksiin tai muuhun sähkötehon tarpeen kasvuun tuleva 30 %:in vara. (ST13.31 2015)

Laiteryhmien mitoituksessa huomioidaan myös tasauskerroimet  $k_1$  ja  $k_2$ . Koska esimerkiksi valaistus on harvoin kokonaan käytössä täydellä teholla, kerrotaan se tasauskerroimella  $k_1$ , joka kertoo, kuinka paljon laiteryhmän laitteista on samanaikaisesti päällä, eli  $k_1$  on laiteryhmän sisäinen tasauskerroin. Laiteryhmien välinen tasauskerroin  $k_2$  kertoo, kuinka paljon  $k_1$ :llä tasatusta tehosta on huipputehoaikana käytössä. Tämä huomioidaan, koska usein ei esimerkiksi koneellinen jäähdytys ja sähkölämmitys ole täydellä teholla samanaikaisesti käytössä. (ST13.31 2015)

Loistehon kompensointia ja yliaaltojen suodatusta ei edellytetä sähköliittymiltä, joissa etusulake on korkeintaan 63 A:n suuruinen. Yli 63 A:n liittymillä kompensoinnin ja yliaaltojensuodatuksessa käytetään ST-korteissa 52.15 ja 52.16 esitettyä ohjeistusta kompensoinnin ja yliaaltojen suodatuksen mitoituksesta kohteen käyttötarkoituksen ja laitevalintojen tarpeen mukaisesti. Etusulakkeiden sallima maksimiteho saadaan hyödynnettyä tarkasti oikeanlaisella mitoituksella. (ST 13.31. 2015.)

Perusteet muihin kuin asuinrakennusten tehon mitoittamiseen ovat paljon kiinni suunnittelijalle kertyneestä kokemuksesta. Korjauskertoimien valinta perustuu vain oletuksiin ja niihin voi jäädä helposti ylimitoitusta, sillä alimitoituksen riski rakennuksen toimivuuden kannalta on suurempi kuin ylimitoituksen.



#### 4 TUTKIMUSMENETELMÄT TUNTIMITTAUSDATAN ANALYSOINNISSA

Työssä käsiteltävien kohteiden keskitehonkulutukset tunneittain on saatu Tampereen Sähkölaitokselta. Sähkölaitokselta data saatiin edi-tiedostoina (KUVA 1), joista ne muunnettiin Excel-tiedostoiksi. Kohteiden keskimääräiset tuntikohtaiset tehonkulutukset esitetään tiedostoissa MWh:na tuntikohtaisesti.

```
LOC+90+FI_TIKE_TKS000_6116895:::SLY+TKS000:::SLY'
RFF+LI:14980139_1' 2.
LIN+1++1008:::SLY'
MEA+AAZ++Z01'
QTY+136:0.00120'1.
DTM+324:201305122300201305130000:Z13'
```

KUVA 1. Tuntidatan esitys edi-tiedostoissa, numeroinnit ja laatikot lisätty.

Kuvassa 1 on esitetty mittaustiedon esitystapa edi-tiedostoissa. Edi-tiedostossa 1. on teholeima (QTY+136) eli keskimääräinen tehonkulutus tuntia kohden ja tämän alapuolella aikaleima kyseiselle mittaukselle. Aikaleiman (DTM+324) esitysmuoto on vuosi, kk, pvm, mittauksen aloitus kellonaika, vuosi, kk, pvm ja mittauksen lopetus kellonaika. Tiedostomuodossa 2. on käyttöpaikan yksilöllinen numero. Tiedostot muunnettiin Excel-ohjelmalle sopiviksi datan käsittelyn helpottamiseksi. Excel-tiedostojen muoto on esitettynä alla kuvassa 2.

|         |          |      |          |      |         |
|---------|----------|------|----------|------|---------|
| 7014412 | 1.1.2014 | 0:00 | 1.1.2014 | 1:00 | 0,00614 |
| 7014412 | 1.1.2014 | 1:00 | 1.1.2014 | 2:00 | 0,00614 |
| 7014412 | 1.1.2014 | 2:00 | 1.1.2014 | 3:00 | 0,00612 |
| 7014412 | 1.1.2014 | 3:00 | 1.1.2014 | 4:00 | 0,00625 |
| 7014412 | 1.1.2014 | 4:00 | 1.1.2014 | 5:00 | 0,00626 |
| 7014412 | 1.1.2014 | 5:00 | 1.1.2014 | 6:00 | 0,0063  |
| 7014412 | 1.1.2014 | 6:00 | 1.1.2014 | 7:00 | 0,00632 |
| 7014412 | 1.1.2014 | 7:00 | 1.1.2014 | 8:00 | 0,00631 |

KUVA 2. Tuntidatan esitys Excel-muodossa.

Excel-tiedostoissa data on esitetty muodossa aloitus päivämäärä ja kellonaika, lopetus päivämäärä ja kellonaika sekä keskimääräinen tuntiteho megawattitunteina. Ensimmäisessä sarakkeessa on esitetty käyttöpaikan yksilöllinen numero.

## 4.1 Kohteet

Tutkittaviin kohteisiin valikoitui vain päiväkotia ja kouluja, jotta kohteiden vertailu olisi järkevää. Kaikki kohteet ovat Tampereen Tilapalvelut Oy:n ylläpitämiä. Kohteiden rakennuskanta on vaihtelevaa, moneen kohteeseen on tehty peruserparannuksia 1990-luvulla, muutamassa kohteessa parannuksia on tehty 2000-luvulla. Uusimpana rakennuksena on vuoden 2011 lopussa valmistunut Luhtaan päiväkoti. Kohteiden rakennusvuodet ja peruserparannusten ajankohdat perustuvat sähköisestä huoltokirjasta löytyviin tietoihin kohteista. Tiedot ovat kuitenkin puutteellisia sen osalta, mitä peruserparannuksen aikana on tehty. Kohteiden rakennusvuodet ja tehtyjen peruserparannusten valmistumisvuodet (viimeisimmät) ovat esitettyinä taulukossa 1 niiltä osin, kun tietoja on sähköisessä huoltokirjassa olemassa. Myös tutkittavien kohteiden todelliset pääsulakkeiden koot tulisi tarkistaa suoraan kohteesta, sillä esimerkiksi Nekalan koulun ja Koulukadun päiväkodin liittymäkoot vaikuttavat merkittävästi liian suurilta. Tietoja kohteista on esitettyinä taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Tutkittavien kohteiden tietoja.

| Kohde                   | Rakennusvuosi<br>(peruserparannus) | Pää-<br>sulakkeet | Pinta-ala (m <sup>2</sup> ) | Tilavuus (m <sup>3</sup> ) | Korkein keskimääräinen<br>tuntiteho 2014-2016 (W) | Korkeimmasta KTT:sta laskettu |                  |
|-------------------------|------------------------------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------|---|-------------------------------|------------------|
|                         |                                    |                   |                             |                            |   | W/m <sup>2</sup>              | W/m <sup>3</sup> |
| Kisapuiston päiväkoti   | 1981 (2001)                        | 3x100 A           | 2304                        | 9150                       | 38000   | 16,49                         | 4,15             |
| Tasanteen päiväkoti     | 1991-1999                          | 3x160 A           | 1340                        | 4946                       | 68000   | 50,75                         | 13,75            |
| Luhtaan päiväkoti       | 2011                               | 3x160 A           | 1579                        | 6375                       | 46510   | 29,46                         | 7,30             |
| Amurin päiväkoti        | 1983                               | 3x160 A           | 1096                        | 3750                       | 49200   | 44,89                         | 13,12            |
| Järvensivun koulu       | 1956 (1992)                        | 3x160 A           | 2509                        | 9330                       | 38400   | 15,30                         | 4,12             |
| Kanjonin koulu          | 1988                               | 3x200 A           | 4352                        | 16570                      | 80000   | 18,38                         | 4,83             |
| Atalan koulu            | 1987-1991                          | 3x200 A           | 4597                        | 18356                      | 100000  | 21,75                         | 5,45             |
| Leinolan päiväkoti      | 1987                               | 3x250 A           | 832                         | 3040                       | 83000   | 99,76                         | 27,30            |
| Olkahisten koulu        | 1960 (1997)                        | 3x250 A           | 4104                        | 10757                      | 109200  | 26,61                         | 10,15            |
| Kissanmaan koulu        | 1951                               | 3x250 A           | 6459                        | 25892                      | 99000   | 15,33                         | 3,82             |
| Koiviston koulu         | 1986 (2001)                        | 3x315 A           | 5911                        | 21320                      | 114970  | 19,45                         | 5,39             |
| Koulukadun päiväkoti    | 1906 (2013)                        | 3x315 A           | 660                         | 2215                       | 66120   | 100,18                        | 29,85            |
| Pohjois-Hervannan koulu | 1975                               | 3x400 A           | 10127                       | 46371                      | 219000  | 21,63                         | 4,72             |
| Tammelan koulu          | 2005                               | 3x630 A           | 14153                       | 43445                      | 250000  | 17,66                         | 5,75             |
| Hatanpään koulu         | 1959 (1994)                        | 3x630 A           | 9529                        | 29600                      | 184000  | 19,31                         | 6,22             |
| Takahuhdin koulu        | 1964 (1990)                        | 3x630 A           | 8325                        | 27800                      | 198100  | 23,80                         | 7,13             |
| Nekalan koulu           | 1931 (2008)                        | 3x630 A           | 6994                        | 23570                      | 130000  | 18,59                         | 5,52             |

## 4.2 Haasteet tiedostojen käsittelyssä

Tehotiedoissa on joitakin puutteita tarkastellulla aikavälillä. Osan päivistä tehotietoja ei löydy ollenkaan ja ajoittain kohteissa on useamman päivän ajalta tehotietona ainoastaan 0. Tässä tutkimuksessa näitä ei ole huomioitu, vaan dataa on tutkittu ainoastaan olemassa olevilla tiedoilla. Tästä on poikkeuksena Luhtaan päiväkoti, jossa on olemassa myös omaa energiantuotantoa, mikä näkyy tuntidatassa kesäkuukausina yksittäisinä tehonkulutuksien 0-arvoina.

Vuoden 2014 tehotiedot löytyvät kohteista, vuoden 2015 tehotiedoista puuttuu päivämäärän 5.10 mittautiedot joka kohteesta. Vuodelta 2016 tehotietoja puuttuu enemmän, noin 200-300 mittautulosta.

### **4.3 Tutkimusaiheet**

Mittausdatasta on tarkasteltu keskimääräisen tuntitehon huippuja, niiden ajankohtia ja määrää. Tuntitehon käyttäytymistä on tarkasteltu kohteissa päivä- ja viikkotasolla kuvaajien avulla, joista on tarkoitus selvittää, onko vuoden huippukulutus ainoastaan poikkeamana kulutuksessa vai onko kyseessä pitempiaikainen trendi kohonneelle kulutukselle. Tuntitehojen jakaumasta on myös tehty histogrammit, jossa näkyy kunkin kohteen tuntitehojen jakautuminen vuoden ajalta. Tutkittavana on myös liittymän mitoitus, eli onko kohteissa tapahtunut ylimitoitusta liian suurien sulakkeiden muodossa. Kohteista on laskettu keskimääräiseen tuntitehoon perustuen suurin virta-arvo. Laskennassa tehokertoimenä on käytetty arvoa 0,95, joka voidaan arvona katsoa olevan kompensoitu melko hyvään arvoon.

Tehonkulutuksia on verrattu muihin tarkasteltaviin kohteisiin sekä koko Suomen huipputehojen ajankohtiin. Työssä pohditaan myös päiväkotien ja koulujen mahdollisuutta vaikuttaa omalla kulutuksellaan valtakunnallisiin sähkötehon kulutushuippuihin.

## 5 KOHTEIDEN MITTAUSTIEDOT JA NIIDEN ANALYSOINTI

Työssä olevia kuvaajia tulkitaan siten, että esimerkiksi kello 10 kohdalla oleva arvo tarkoittaa keskimääräistä kulutettua sähkön tuntitehoa kello 9-10. Arvot esitetään kuvaajissa megawattitunteina (MWh), nämä arvot ovat tunnin ajalta mitatun sähkötehon keskiarvo. Osassa kohteissa keskimääräisen tuntitehon 0-arvoja on satunnaisesti päivästä muuttamaan päivään, joten nämä voidaan tulkita olevan mittarivirheitä tai datan siirtämiseen liittyviä ongelmia. Pitkiä tuntitehon 0-arvoja ei ole huomioitu tehonjakaumia tutkittaessa.

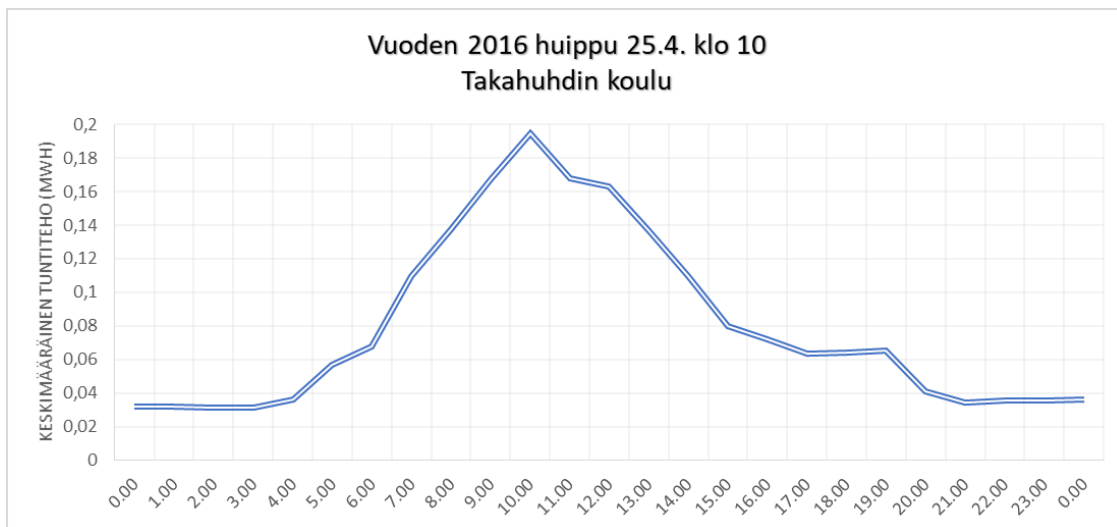
Kaikki kohteista piirretyt kuviot on esitetty liitteissä. Piirretyissä kuvaajissa on jokaisessa kohteessa erikseen skaalattu samaan arvoon kesäpäivän, vuoden huipun ja viikkojen osalta suurin arvo, jotta vertailu yhden kohteen sähkötehon tarpeista olisi helposti vertailtavissa. Kun kohteita verrataan keskenään, täytyy huomioida kuvaajien erilaiset huippuarvot.

### 5.1 Päiväkotien ja koulujen tyypillinen tehon päiväkäyttäytyminen

Tyypillisesti tutkittavien kohteiden päivän tehonkulutus muodostaa käyrän, jossa tehonkulutus alkaa nousta kello 6-7 välillä. Kasvu jatkuu melko tasaisesti ja nopeasti puoleen päivään asti, josta tehonkulutus alkaa tippumaan vähitellen iltaa kohden. Aamun osalta voidaan ajatella ilmanvaihdon alkavan tehostumaan noin kuudelta ja kun lapset ja oppilaat tulevat kouluun tai päiväkotiin, lisääntyy valaistus kohteissa. Aamupäivällä valmistetaan myös lapsille ja oppilaille ruokaa, mikä näkyy edelleen kasvavana sähkötehon tarpeena.

Lounaan jälkeen sähkötehon tarve vähenee, kun keittiölaitteiden tarve vähenee. Sähkötehon tarpeen putoaminen tasaisesti voi johtua koulujen osalta oppilaiden päivän päättymisellä, kun osa oppilaista lähtee kotiin eikä valaistusta ja ilmanvaihtoa tarvita koko koulussa. Päiväkodeissa iltapäivällä myös vietetään aikaa ulkona, jolloin sisätiloissa ei ole tarvetta valaistukselle ja täysimääräiselle ilmanvaihdolle. Välillä 21-05 tehonkulutus pysyy hyvin tasaisena peruskuormassaan, kun rakennuksella ei ole enää asiakaskäyttöä vaan ainoastaan sisäilman ja lämmityksen kannalta oleelliset kuormat.

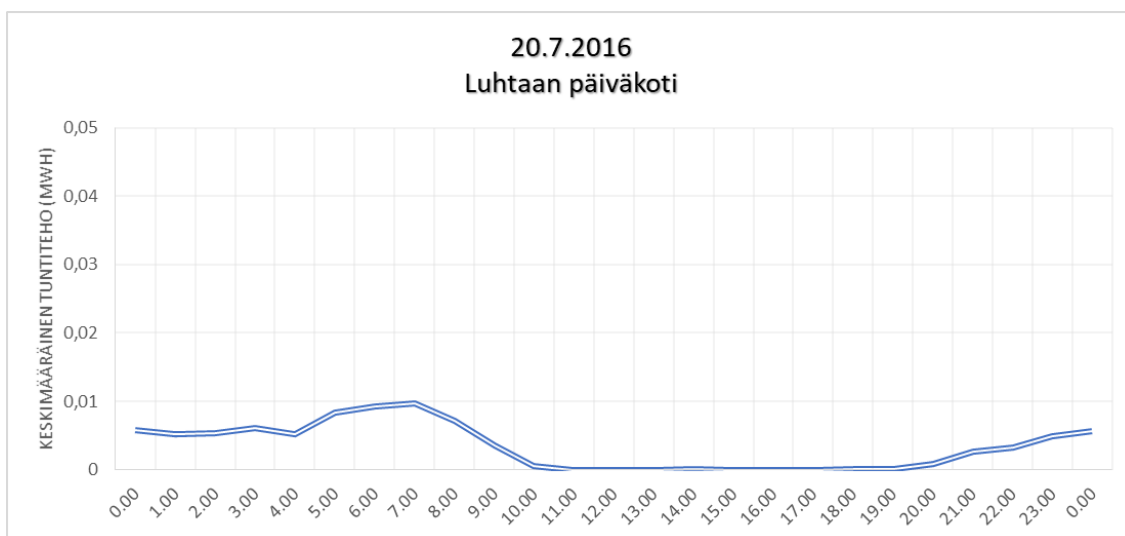
Alla olevassa kuviossa 1 on esitetty Takahuhdin koulun tehokäyrä huhtikuun päivältä, jolloin kohteessa oli myös vuoden keskimääräisesti kulutetun sähkötehon yhden tunnin kulutushuippu. Takahuhdin koululla voidaan katsoa olleen iltakäyttöä tarkasteltavana päivänä, esimerkiksi liikuntasalin iltavuoro, tehon tarpeen ollessa tasainen 17-19 välillä.



KUVIO 1. Koulujen ja päiväkotien tyypillinen päivän tehojakauma

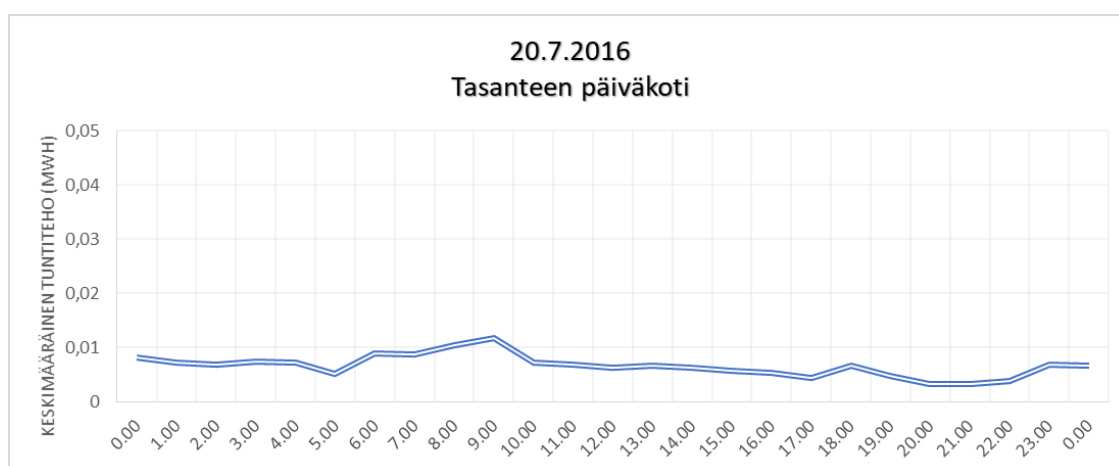
### 5.1.1 Kesäaikaan

Luhtaan päiväkotia lukuun ottamatta tutkittavissa kohteissa ei ole omaa sähköntuotantoa. Luhtaan päiväkodissa oma tuotanto näkyy yksittäisinä 0-arvoina kesäpäivisin. Alla olevassa kuviossa 2 on kuvattu Luhtaan päiväkodin 20.7.2016 keskimääräisiä tuntitehoja.



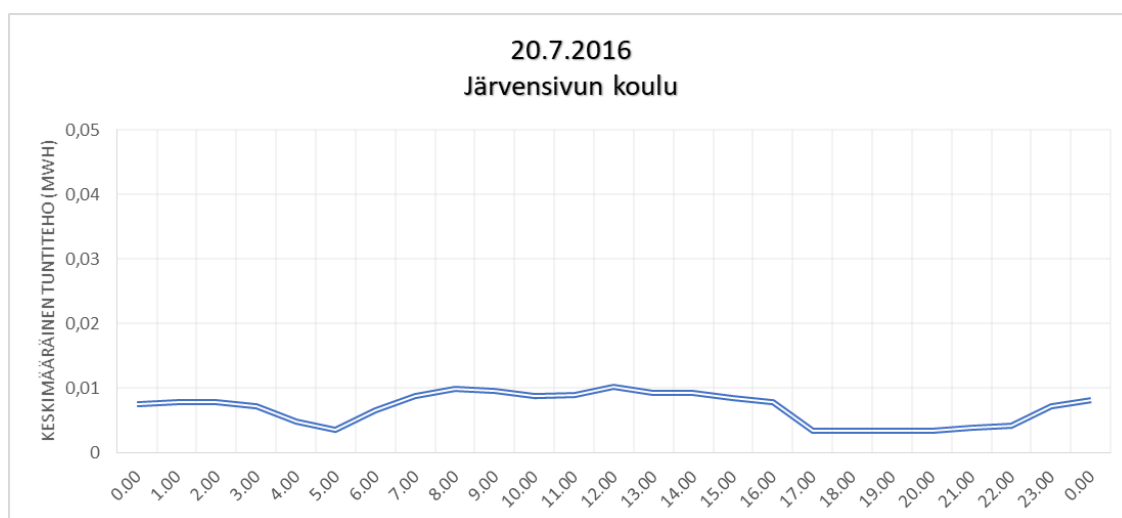
KUVIO 2. Keskimääräiset tuntitehot, Luhtaan päiväkoti 20.7.2016

Verrattaessa kokoluokaltaan samanlaisten päiväkotien, Luhtaan (kuvio 2) ja Tasanteen päiväkodin (kuvio 3) kuvaajia, huomataan peruskulutuksen olleen lähes samansuuruiset. Suurin ero muodostui Luhtaan päiväkodin omasta sähkön tuotannosta, jolla se pystyi kattamaan kyseisenä päivänä viideltä tunnilta täysin oman sähkötehon kulutuksensa. Myös alle yhden kilowatin keskimääräistä tuntitehoa Luhtaan päiväkodissa oli mitattu kuudelta tunnilta. Tasanteen päiväkodissa pienin mitattu keskimääräinen tuntiteho tunnilta oli 3,3 kilowattia.



KUVIO 3. Keskimääräiset tuntitehot, Tasanteen päiväkoti 20.7.2016

Järvensivun koulussa keskitehot pysyivät tarkasteltavana kesäpäivänä korkeammalla kuin Luhtaan tai Tasanteen päiväkodissa. Osaltaan suuremmat tehot voivat selittyä kohteen suurempana pinta-alana ja tilavuutena kuin vertailtavissa kohteissa. Taulukosta 1 voidaan kuitenkin huomata Järvensivun koulussa olevan tutkimuksen kohteista pienimmät  $\text{W/m}^2$  ja  $\text{W/m}^3$  arvot huipputehojen aikana, myös tunnin keskimääräinen huipputeho Järvensivun koulussa oli pienempi kuin Luhtaan tai Tasanteen päiväkodissa.

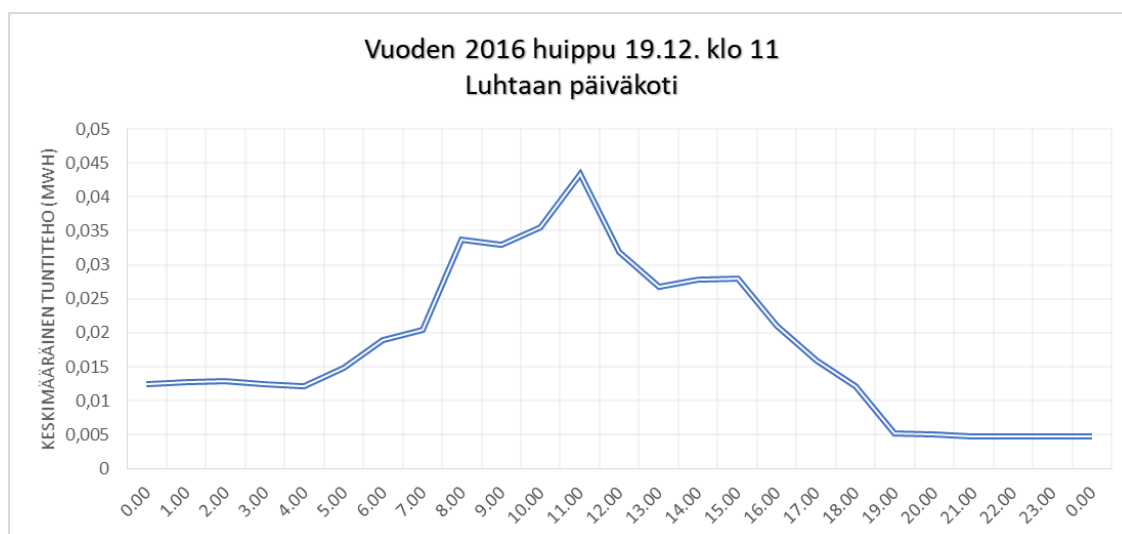


KUVIO 4. Keskimääräiset tuntitehot, Järvensivunkoulu 20.7.2016

Tarkasteltavasta päivästä ei ole tietoa, onko päiväkodeissa ollut toimintaa kesällä ja kuinka suurella kapasiteetilla. Koulun loma-aikana voi ajatella koulun olevan tyhjillään kesällä.

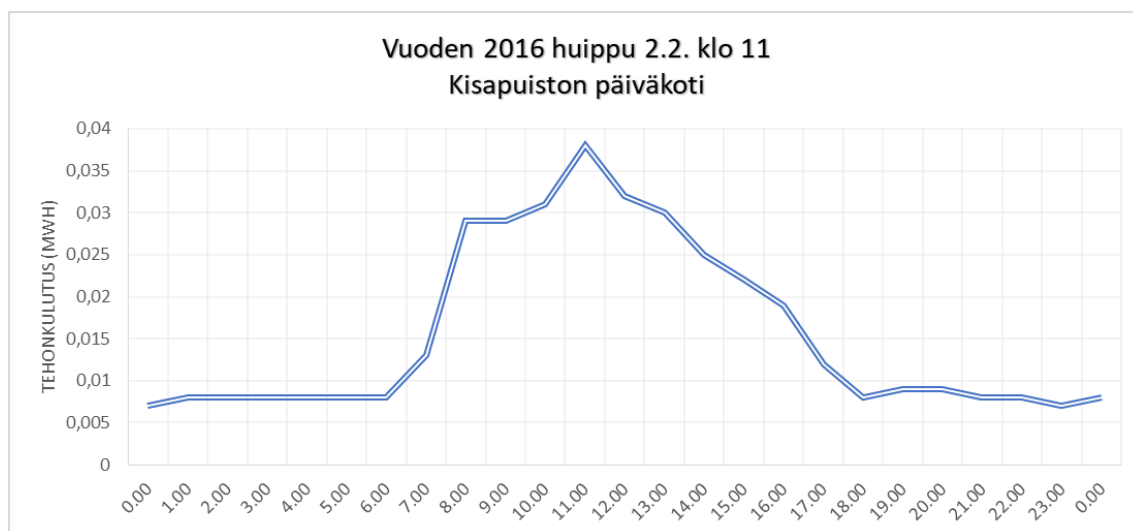
### 5.1.2 Talviaikaan

Verrattuna kesäaikaan, on talvella huomattavasti suurempia keskimääräisiä tuntitehoja sähkön kulutuksessa. Talvella myös peruskuormat ilta- ja yöaikaan ovat suurempia, mikä johtuu oletettavasti suuremmasta lämmitystarpeesta. Kuviot on tehty päivästä, jolloin kohteessa on vuoden suurin tuntikohtainen keskiteho.



KUVIO 5. Luhtaan päiväkoti 19.12.2016

Kun verrataan Luhtaan (kuvio 5) ja Kisapuiston (kuvio 6) päiväkotien kulutetun sähkötehojen käyrämuotoja, huomataan niiden olevan hyvin samantyyppisiä. Tästä voidaan todeta sähkötehon tarpeen käyttäytyvän päiväkotien tyypillisen päivärytmin mukaisesti päivinä, jolloin kohteissa esiintyy korkein KTT.



KUVIO 6. Kisapuiston päiväkoti 2.2.2016

Leinolan päiväkodissa (liite 8) on kuvion käyrän muoto muita kohteita tasaisempi korkean tehon tarpeen osalta. Leinolan päiväkodissa tehon tarpeen käyrä muodostaa pyöreämmän muodon, kun muissa kohteissa korkein KTT on selvemmin piikki, josta tehon tarve alkaa laskemaan. Myös Koulukadun päiväkodissa on havaittavissa samankaltainen käyrämuoto, mutta korkean tehon tarpeen aika on hieman lyhyempi. Muiden kohteiden KTT:n tarpeet noudattelevat luvun alussa esiintyvää tyypillistä päivän tehon tarvetta.

## 5.2 Päiväkotien ja koulujen tyypillinen tehon viikkokäyttäytyminen

Työssä on tutkittu viikkoja, jolloin kohteessa on ollut vuoden KTT:n tarpeen huippu. Kohteen korkeimman tehon tarpeen viikosta on piirretty joka vuodelta kuvaaja, jossa esitetty data alkaa sunnuntain viimeisen tunnin mittauksesta päättyen sunnuntain viikon viimeiseen mittaukseen. Työssä tarkasteltavissa kohteissa ei ole normaalisti ilta- tai viikonloppukäyttöä tehonkuvaajien perusteella. Kesäaikana tarkasteltava ajanjakso on vuoden 2016 viikko 29 (18.-24.7.2016).



### 5.2.1 Kesäaikaan

Luhtaan päiväkodin kesäviikon keskitehon kuvaajaa (kuvio 7) tarkastellessa huomaa suurimpien kuormien sijoittuvan yölle ja aamulle. Päivisin tehonkulutus tippuu oman sähkötuotannon johdosta. Kesäaikana kuviosta ei ole havaittavissa tehonkulutuksen tippumista niin suuresti viikonlopuksi, kuten tavallisesti talviaikaan. Tämä voi johtua pienestä sähkötehon tarpeesta yleisesti jo viikolla.



KUVIO 7. Luhtaan päiväkoti 18.-24.7.2016

Olkahisten koulun kesäviikon tehonkuvaajaa (kuvio 8) tutkiessa huomataan kulutettua keskitehoa kuvaavan käyrän noudattavan talviajan käyrämuotoa. Kuviosta on havaittavissa kulutuksen tippuvan viikonlopuksi, kuten myös tarkasteltavana talven viikkona. Tarkasteltavana viikkona kesällä Olkahisten koululla suurimmat tuntikohtaiset keskitehot sijoittuvat aamulle kello 6-7 välille, mikä on muutaman tunnin aikaisemmin kuin kyseisessä kohteessa tarkasteltavina talviviikkoina.



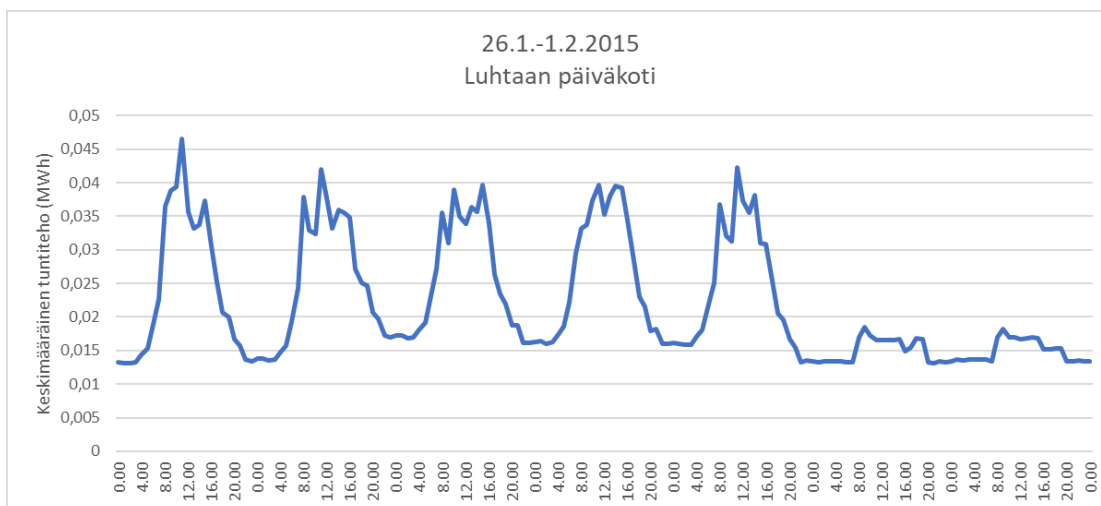
KUVIO 8. Olkahisten koulu 18.-24.7.2016

Muiden kohteiden viikon 29 kuvaajista (liitteissä) huomataan keskimääräisen sähkötehon käyrämuodoissa olevan eroja. Esimerkiksi Kanjonin koulun, Tasanteen ja Leinolan päiväkodin sähkötehon kuvaajat ovat hyvin tasaisia, Amurin päiväkodissa puolestaan sähkötehon vaihtelut päivän aikana ovat hyvin suuria. Muodoltaan talviaikaan samankaltaisia käyrämuotoja esiintyi Olkahisten koulun lisäksi esimerkiksi Kissanmaan ja Nekalan koulussa.

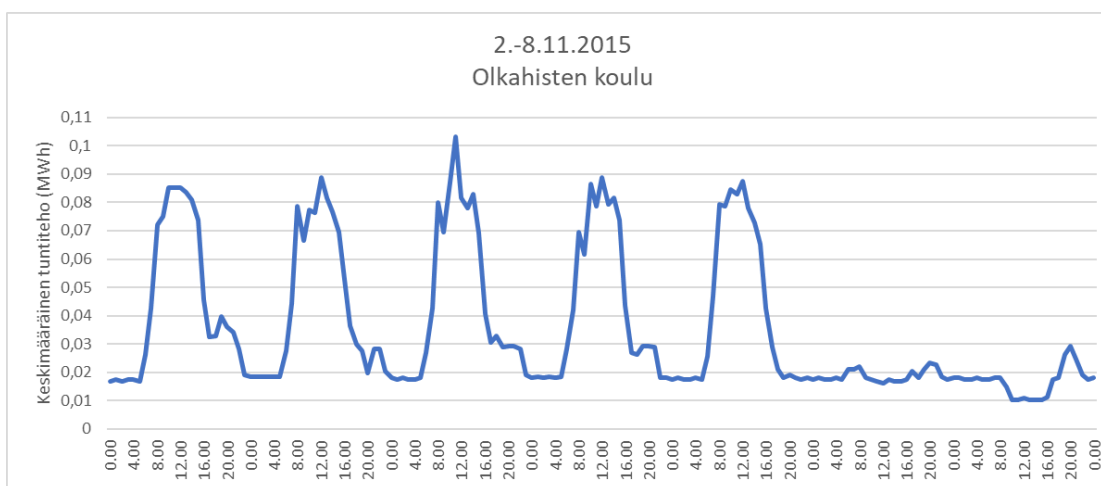
Suuruusluokaltaan tarkasteltavan kesäviikon suurimmat KTT:t kohteissa ovat noin 2-3 kertaa pienempiä kuin suurimman kulutuksen viikkona. Tästä poikkeuksena on Tasanteen päiväkotia, jossa tarkasteltavana viikkona tuntitehot ovat vain noin seitsemäsosan suurimpien keskitehojen viikosta.

### 5.2.2 Talviaikaan

Kuvaajia tarkastellessa huomaa koulujen ja päiväkotien viikkorytmien olevan hyvin samankaltaisia. Tavallisesti tehonkulutus on kohonnut 8-14 välillä, josta sähkönkulutus tippuu melko nopeasti iltaa kohti.



KUVIO 9. Luhtaan päiväkoti 26.1.-1.2.2015



KUVIO 10. Olkahisten koulu 2.-8.11.2015

Tarkastellessa kuvaajia 9 ja 10 huomattiin, että viikon aikana suurin yksittäinen huippu tunnin keskitehossa on melko paljon suurempi, kuin tunnin keskitehon huippu muina päivinä. Olkahisten koululla ero muiden päivien keskitehojen huippuun on noin 13 kWh:ta, Luhtaan päiväkodissa 5-6 kWh:ta. Arvioidessa täytyy huomioda Olkahisten koulun olevan jo liittymältään Luhtaan päiväkotia suurempi. Prosentuaalisesti kuitenkin ero muiden päivien keskimääräisten tuntitehojen huippuihin myös muissa kohteissa on viikon ajalta lähes sama, noin 10 %, pois luettuna lauantait ja sunnuntait, sillä sähkötehon tarve on hyvin pientä koko viikonlopun.

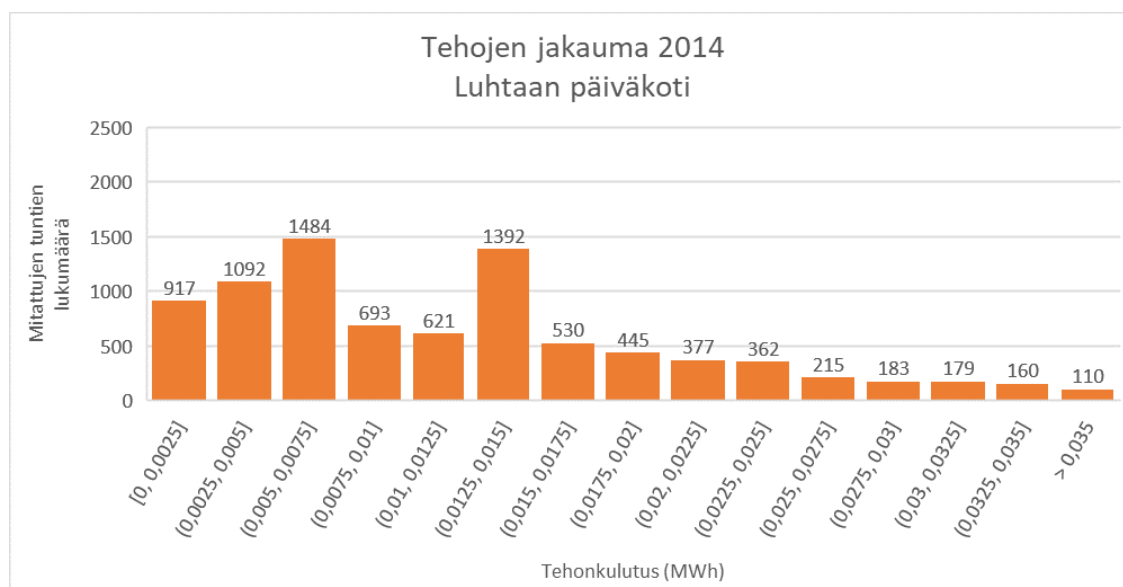
Kuvaajista on nähtävissä selvästi eri juhlapäiviä tai yleisiä vapaapäiviä. Nämä vapaapäivät näkyvät pienempinä tehon tarpeina verrattuna normaaleihin arkipäiviin. Tällaisia kuvaajista näkyvissä olevia poikkeamia normaalista tehon tarpeesta ovat esimerkiksi Nekalan

koulun (liite 17) vuoden 2016 kuvaaja, jossa itsenäisyyspäivänä on huomattavasti pienemmät KTT:t kuin normaalisti, myös Atalan koulun (liite 7) kuvaajassa vuodelta 2015 on pitkä perjantai havaittavissa selvästi.

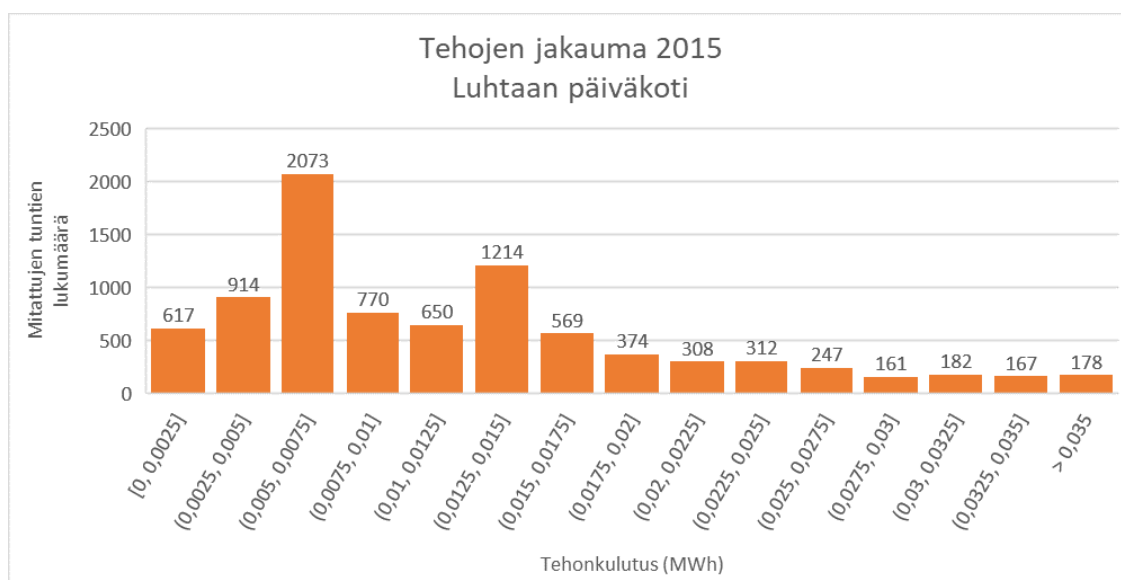
### 5.3 Tehojen jakauma vuoden aikana

Työssä tutkittiin, kuinka tuntikohtaiset tehot jakautuvat vuoden aikana. Kohteiden mitausdatasta tehtiin histogrammi jokaiselta vuodelta tarkasteltavalta ajanjaksolta. Histogrammeja vertaillessa huomattiin esimerkiksi, minkälaisella tehoalueella kohteet tyypillisesti toimivat sekä muutoksissa keskitehon kulutuksissa. Tehojen jakaumaa vertaillessa eri vuosien kesken täytyy huomioida puuttuvat mittaustiedot vuodelta 2016, sillä noin 200-300 puuttuvaa mittaustulosta vääristää todellista tehojakaumaa hieman.

Kuvioissa 11 ja 12 on esitetty Luhtaan päiväkodin tehojen jakauma vuosina 2014 ja 2015. Kuvaajia vertaillessa voidaan todeta tehojakauman pysyneen lähes samanlaisena näinä vuosina. Vuodesta 2014 vuoteen 2015 pienimpien (alle 2,5 kWh) keskitehojen tunnit ovat vähentyneet. Samalla on myös suurimpien (yli 35 kWh) keskitehojen tunnit ovat lisääntyneet 68 mitatulla tunnilla.



KUVIO 11. Tehojen jakauma 2014, Luhtaan päiväkoti



KUVIO 12. Tehojen jakauma 2015, Luhtaan päiväkoti

Osassa kohteista, kuten Pohjois-Hervannan (liite 13) ja Kissanmaan koulu (liite 10), ei tehojen jakaumassa ole suurta eroa eri vuosien kesken. Hatanpään koululla (liite 15) jakauma on muuttunut vuoteen 2016 kahdelta edelliseltä vuodelta merkittävästi, kun alle 25 kWh:n tuntimittaukset ovat vähentyneet noin 2000 tunnilla ja mitatut tuntitehot 25-35 kWh:n kulutuksessa ovat kasvaneet yli tuhannella mitatulla tunnilla. Suurempien keskimääräisten tuntitehojen (yli 65 kWh:n) mitatut tunnit ovat kuitenkin lukumäärältään lähes samoja jokaisena tarkasteltavana vuonna.

Takahuhdin koulussa (liite 16) eroavaisuuksia tehojen jakaumassa löytyy jokaiselta vuodelta. Merkittävimmät erot ovat alle 60 kWh:n tuntimittauksissa. Huomattavaa on alle 30 kWh:n tuntimittauksen vähentyminen vuoden 2014 1339:stä vuoden 2015 311 tuntiin, vuonna 2015 myös 45-60 kWh:n mittauksia oli 3316 kappaletta, kun vuonna 2016 kyseisellä tehoalueella mitattiin ainoastaan 757 tuntia.

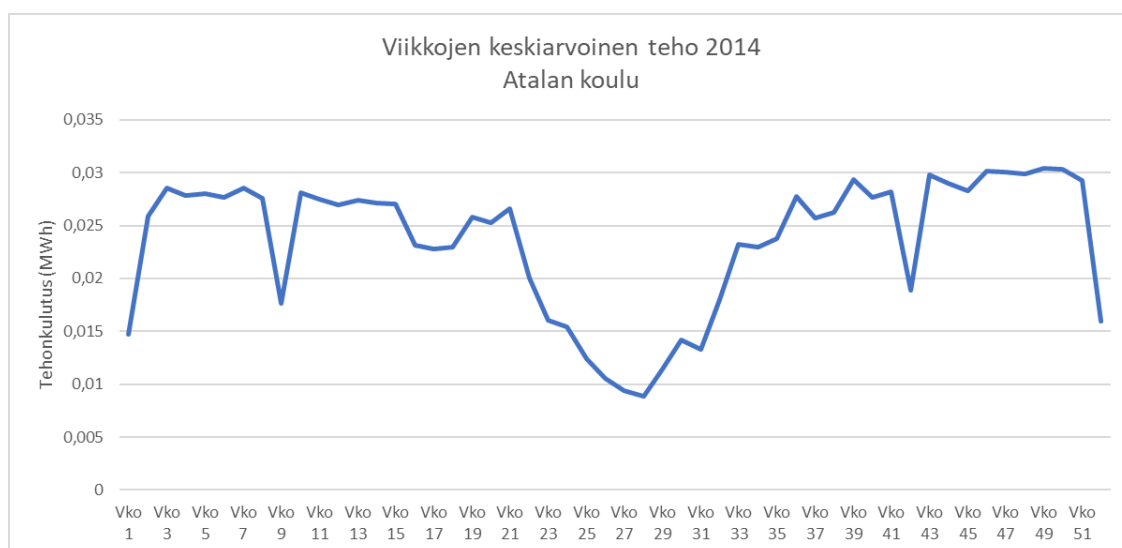
Tuntitehojen jakauman muutokseen vaikuttaa erilaiset talvet ja kesät lämmitys- ja jäähdytystarpeen osalta. Kuitenkaan samoja tuntitehojen jakaumien muutoksia ei ole havaittavissa kaikissa kohteissa.

Kuviossa (13) on laskettu vuoden 2014 jokaiselle viikolle keskiarvoinen teho Luhtaan päiväkodissa. Viikkoteho on laskettu keskiarvona viikon jokaisesta mittauksesta. Kuvaajasta huomataan viikon keskiarvoisen tehon olevan kesällä jopa alle neljäsosan talven korkeimmista keskitehontarpeiden viikoista.



KUVIO 13. Viikon keskiarvot 2014, Luhtaan päiväkotä

Atalan koulussa ero kesäviikkojen ja suurimpien talviviikkojen välillä ei ole yhtä suuri kuin Luhtaan päiväkodissa, mutta silti pienimmän viikon keskiteho on noin kolmasosan talven suurimmista viikoista. Verrattuna kuitenkin määrällisesti pienempien keskitehoviikkojen lukumäärää, voidaan todeta Atalan koulussa tehonkulutuksen olevan läpi vuoden tasaisempaa. Tätä selittää osaltaan Luhtaan päiväkodin oma sähköteho tuotanto, jolloin viikon keskitehot alkavat tippumaan jo aikaisin keväällä ja jatkuu melko pitkälle syksyyn. Vuoden ensimmäisen viikon pieni keskiarvoteho on selitettävissä kuvaajissa viikonloppu suuremmalla osuudella viikosta, kun 1.1.2014 oli keskiviikkona.



KUVIO 14. Viikon keskiarvot 2014, Atalan koulu

Atalan koulun viikkojen keskiarvoisen tehon kuviosta huomataan selvästi syys- ja hiihtoloma tehonkulutuksen notkahtamisena. Hiihtolomaan vietettiin vuonna 2014 viikolla 9 ja syyslomaa viikolla 42. Talviaikaan viikkotehot ovat melko tasaisia, mikä kertoo rakennuksen tasaisesta käytöstä.

#### 5.4 Kulutushuippujen sijoittuminen valtakunnan tehohuippuihin

Suomessa huipputehot ajoittuivat koko maan alueelta taulukon 2 mukaisesti. Suomen kulutustiedot perustuvat Energiateollisuuden materiaalipankista löytyviin sähkön tuntidatoihin, joista on poimittu vuosittainen suurin keskiteho tunnilta. Materiaalipankista löytyy sähkön tuntidata vuosilta 2010-2016. Sähkön tuntidatat on esitetty Excel-tiedostoissa, kulutuksen yksikkönä käytetään megawattituntia (MWh). (Energiateollisuus 2018)

TAULUKKO 2. Suomen kulutushuiput vuosilta 2010-2016

|                                | 2010                 | 2011                  | 2012                  | 2013                 | 2014                 | 2015                 | 2016                  |
|--------------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| Ajankohta                      | 28.1.2010<br>klo 8-9 | 18.2.2011<br>klo 9-10 | 3.2.2012<br>klo 18-19 | 18.1.2013<br>klo 8-9 | 20.1.2014<br>klo 8-9 | 22.1.2015<br>klo 8-9 | 7.1.2016<br>klo 17-18 |
| Korkein tunnin keskiteho (MWh) | 14623,7              | 14964,7               | 14441                 | 14169,5              | 14388,07             | 13567,34             | 15229,2               |

Verratessa Suomen kulutushuippujen ajankohtia tutkittavien kohteiden huippujen ajankohtiin huomataan, että Suomen kulutushuiput ajoittuivat useimmin tammikuulle. Tampereen päiväkotien ja koulujen huiput jakaantuivat puolestaan tasaisemmin koko talvelle, lähinnä kuitenkin joului- ja helmikuun välille.

Taulukosta 3 voidaan todeta, että vuonna 2015 Tasanteen päiväkodin keskikulutuksen huippu oli samana päivänä kuin koko Suomen kulutushuippu. 22.1.2015 kello 9-10 oli Suomessa kolmanneksi suurin tehonkulutus tuntia kohden koko vuoden aikana. Leinolan päiväkodin keskikulutuksen huippu oli vuonna 2016 samana päivänä Suomen kulutushuipun kanssa ja kello 9-10 välillä oli kulutus vuoden viidenneksi suurinta koko Suomessa.

TAULUKKO 3. Kohteiden keskimääräisten tuntitehojen huippujen ajankohdat

| Kohde                   | Pääsulakkeet | Korkein tunnin keskiteho(MWh/h) |         |         | Korkeimman keskitehon ajankohta |                         |                         | Keskiteho Suomen huipun aikaan |                      |                       |
|-------------------------|--------------|---------------------------------|---------|---------|---------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|----------------------|-----------------------|
|                         |              | 2014                            | 2015    | 2016    | 2014                            | 2015                    | 2016                    | 20.1.2014<br>klo 8-9           | 22.1.2015<br>klo 8-9 | 7.1.2016<br>klo 17-18 |
| Kisapuiston päiväkot    | 3x100 A      | 0,036                           | 0,038   | 0,038   | 10.12.2014<br>klo 9-10          | 14.12.2015<br>klo 9-10  | 2.2.2016<br>klo 10-11   | 0,022                          | 0,026                | 0,014                 |
| Tasanteen päiväkot      | 3x160 A      | 0,068                           | 0,06    | 0,0642  | 30.1.2014<br>klo 9-10           | 22.1.2015<br>klo 9-10   | 29.2.2016<br>klo 9-10   | 0,046                          | 0,051                | 0,0306                |
| Luhtaan päiväkot        | 3x160 A      | 0,0409                          | 0,04651 | 0,04333 | 13.2.2014<br>klo 14-15          | 26.1.2015<br>klo 10-11  | 19.12.2016<br>klo 10-11 | 0,02291                        | 0,02526              | 0,01198               |
| Amurin päiväkot         | 3x160 A      | 0,043                           | 0,0492  | 0,0429  | 28.11.2014<br>klo 9-10          | 25.11.2015<br>klo 11-12 | 8.3.2016<br>klo 10-11   | 0,032                          | 0,002                | 0,0105                |
| Järvensivun koulu       | 3x160 A      | 0,035                           | 0,0345  | 0,0384  | 8.1.2014<br>klo 9-10            | 30.1.2015<br>klo 9-10   | 27.1.2016<br>klo 9-10   | 0,026                          | 0,0246               | 0,0126                |
| Kanjonin koulu          | 3x200 A      | 0,08                            | 0,078   | 0,076   | 14.11.2014<br>klo 9-10          | 7.12.2015<br>klo 9-10   | 28.1.2016<br>klo 9-10   | 0,045                          | 0,05                 | 0,028                 |
| Atalan koulu            | 3x200 A      | 0,1                             | 0,099   | 0,096   | 19.2.2014<br>klo 9-10           | 30.3.2015<br>klo 8-9    | 1.12.2016<br>klo 9-10   | 0,071                          | 0,061                | 0,03                  |
| Leinolan päiväkot       | 3x250 A      | 0,083                           | 0,07    | 0,07752 | 14.1.2014<br>klo 12-13          | 1.4.2015<br>klo 11-12   | 7.1.2016<br>klo 9-10    | 0,076                          | 0,049                | 0,05652               |
| Olkahisten kouu         | 3x250 A      | 0,1092                          | 0,1032  | 0,1086  | 17.12.2014<br>klo 9-10          | 4.11.2015<br>klo 10-11  | 19.12.2016<br>klo 9-10  | 0,0624                         | 0,0636               | 0,0252                |
| Kissanmaan koulu        | 3x250 A      | 0,094                           | 0,099   | 0,09708 | 8.1.2014<br>klo 9-10            | 24.3.2015<br>klo 11-12  | 8.2.2016<br>klo 11-12   | 0,066                          | 0,057                | 0,02682               |
| Koiviston koulu         | 3x315 A      | 0,11497                         | 0,10964 | 0,10739 | 11.4.2014<br>klo 9-10           | 14.12.2015<br>klo 11-12 | 31.10.2016<br>klo 9-10  | 0,07407                        | 0,07884              | 0,01975               |
| Koulukadun päiväkot     | 3x315 A      | 0,06612                         | 0,06414 | 0,0639  | 25.11.2014<br>klo 9-10          | 15.12.2015<br>klo 11-12 | 7.12.2016<br>klo 11-12  | 0,032                          | 0,04674              | 0,01854               |
| Pohjois-Hervannan koulu | 3x400 A      | 0,219                           | 0,219   | 0,207   | 22.9.2014<br>klo 8-9            | 16.2.2015<br>klo 11-12  | 28.11.2016<br>klo 9-10  | 0,145                          | 0,117                | 0,059                 |
| Tammelan koulu          | 3x630 A      | 0,25                            | 0,241   | 0,24564 | 23.10.2014<br>klo 10-11         | 6.3.2015<br>klo 9-10    | 3.2.2016<br>klo 9-10    | 0,171                          | 0,171                | 0,08916               |
| Hatanpään koulu         | 3x630 A      | 0,177                           | 0,177   | 0,184   | 7.7.2014<br>klo 12-13           | 3.2.2015<br>klo 12-13   | 25.12.2016<br>klo 11-12 | 0,133                          | 0,128                | 0,054                 |
| Takahuhdin koulu        | 3x630 A      | 0,18655                         | 0,1981  | 0,19444 | 26.11.2014<br>klo 9-10          | 31.3.2015<br>klo 9-10   | 25.4.2016<br>klo 9-10   | 0,13183                        | 0,11978              | 0,08815               |
| Nekalan koulu           | 3x630 A      | 0,127                           | 0,123   | 0,13    | 19.11.2014<br>klo 11-12         | 21.1.2015<br>klo 11-12  | 7.12.2016<br>klo 11-12  | 0,098                          | 0,096                | 0,049                 |

Kun tarkastellaan Suomen tehohuipun aikaista sähkötehon tarpeen ajankohtaa opetusrakennuksissa, huomataan, että KTT:n suhde kohteen vuotuisen huippuun on melko pieni. Suhde kohteen Suomen huipun aikaisen sähkötehon ja kohteen omaan KTT:n huippuun sijoittuu valtaosassa kohteista noin 55-75 prosentin välille vuosina 2014 ja 2015, kun Suomen tehohuippu sijoittui aamulle kello 8-9. Vuonna 2016 tämä suhde oli kohteissa noin 25-40 %:a, kun Suomen huippu oli kello 17-18, jolloin sähkötehon tarve opetusrakennuksissa oli huomattavasti pienempi. Huomioitavaa kuitenkin on, että Suomessa korkeimmat mitatut sähkönkulutukset olivat yleensä yhden päivän aikana sähkötehon kulutuksen pysyessä korkeana pitkään, kun tutkittavissa kohteissa suurimmat mitatut tuntitehot olivat jakaantuneet usealle eri päivälle muodostaen ainoastaan yksittäisiä tehon tarpeen huippuja.

Tehokulutuksien huippujen sijoittuminen ajoittain samoille päiville ja tunneille kertoo siitä, että myös päiväkotien ja koulujen tulisi osaltaan miettiä, kuinka niissä voitaisiin mahdollisesti vaikuttaa kysynnän joustoon ja omien tehohuippujen pienentämiseen.



## 5.5 Keskivirrat korkeimman KTT:n aikaan

Taulukossa 4 on kuvattu laskennallisia virtoja KTT:n huipun aikaan. Kun verrataan keskimääräisen tuntitehon huipun laskennallista virtaa ja pääsulakkeiden kokoa, huomataan, että vain kahdessa kohteessa %-osuus on yli 70 prosenttia. Merkittävän pieniä prosenttiosuuksia on monessa kohteessa, kuten esimerkiksi Järvensivun koulussa, jossa suurin laskettu %-osuus on vain 36,5 %. Pääsulakkeiden koot perustuvat Tampereen Sähkölaitokselta saatuun tiedostoon. Jos näissä tiedoissa on virheitä, vääristävät ne näitä osuuksia. Esimerkiksi Nekalan koulun ja Koulukadun päiväkodin pääsulakekokoihin voi suhtautua varauksella.

TAULUKKO 4. Laskennalliset virrat keskimääräisestä huipputehosta

| Kohde                   | Pääsulakkeet | Korkein tunnin keskiteho (MWh/h) |         |         | Huippuvirta keskitehosta (A) |       |       | Laskennallisen virran %-osuus pääsulakkeesta |        |        |
|-------------------------|--------------|----------------------------------|---------|---------|------------------------------|-------|-------|--|--------|--------|
|                         |              | 2014                             | 2015    | 2016    | 2014                         | 2015  | 2016  | 2014   | 2015   | 2016   |
| Kisapuiston päiväkot    | 3x100 A      | 0,036                            | 0,038   | 0,038   | 54,7                         | 57,7  | 57,7  | 54,7 %                                       | 57,7 % | 57,7 % |
| Tasanteen päiväkot      | 3x160 A      | 0,068                            | 0,06    | 0,0642  | 103,3                        | 91,2  | 97,5  | 64,6 %                                       | 57,0 % | 61,0 % |
| Luhtaan päiväkot        | 3x160 A      | 0,0409                           | 0,04651 | 0,04333 | 62,1                         | 70,7  | 65,8  | 38,8 %                                       | 44,2 % | 41,1 % |
| Amurin päiväkot         | 3x160 A      | 0,043                            | 0,0492  | 0,0429  | 65,3                         | 74,8  | 65,2  | 40,8 %                                       | 46,7 % | 40,7 % |
| Järvensivun koulu       | 3x160 A      | 0,035                            | 0,0345  | 0,0384  | 53,2                         | 52,4  | 58,3  | 33,2 %                                       | 32,8 % | 36,5 % |
| Kanjonin koulu          | 3x200 A      | 0,08                             | 0,078   | 0,076   | 121,5                        | 118,5 | 115,5 | 60,8 %                                       | 59,3 % | 57,7 % |
| Atalan koulu            | 3x200 A      | 0,1                              | 0,099   | 0,096   | 151,9                        | 150,4 | 145,9 | 76,0 %                                       | 75,2 % | 72,9 % |
| Leinolan päiväkot       | 3x250 A      | 0,083                            | 0,07    | 0,07752 | 126,1                        | 106,4 | 117,8 | 50,4 %                                       | 42,5 % | 47,1 % |
| Olkahisten koulu        | 3x250 A      | 0,1092                           | 0,1032  | 0,1086  | 165,9                        | 156,8 | 165,0 | 66,4 %                                       | 62,7 % | 66,0 % |
| Kissanmaan koulu        | 3x250 A      | 0,094                            | 0,099   | 0,09708 | 142,8                        | 150,4 | 147,5 | 57,1 %                                       | 60,2 % | 59,0 % |
| Koiviston koulu         | 3x315 A      | 0,11497                          | 0,10964 | 0,10739 | 174,7                        | 166,6 | 163,2 | 55,5 %                                       | 52,9 % | 51,8 % |
| Koulukadun päiväkot     | 3x315 A      | 0,06612                          | 0,06414 | 0,0639  | 100,5                        | 97,5  | 97,1  | 31,9 %                                       | 30,9 % | 30,8 % |
| Pohjois-Hervannan koulu | 3x400 A      | 0,219                            | 0,219   | 0,207   | 332,7                        | 332,7 | 314,5 | 83,2 %                                       | 83,2 % | 78,6 % |
| Tammelan koulu          | 3x630 A      | 0,25                             | 0,241   | 0,24564 | 379,8                        | 366,2 | 373,2 | 60,3 %                                       | 58,1 % | 59,2 % |
| Hatanpään koulu         | 3x630 A      | 0,177                            | 0,177   | 0,184   | 268,9                        | 268,9 | 279,6 | 42,7 %                                       | 42,7 % | 44,4 % |
| Takahuhdin koulu        | 3x630 A      | 0,18655                          | 0,1981  | 0,19444 | 283,4                        | 301,0 | 295,4 | 45,0 %                                       | 47,8 % | 46,9 % |
| Nekalan koulu           | 3x630 A      | 0,127                            | 0,123   | 0,13    | 193,0                        | 186,9 | 197,5 | 30,6 %                                       | 29,7 % | 31,4 % |

Lasketuista virroista tulee kuitenkin huomata, että ne on laskettu keskimääräisestä tuntitehosta. Todellinen tehohuippu on tätä keskimääräistä tuntitehoa suurempi ja tehopiikin suuruus täytyisi selvittää tarkemmalla mittauksella. Myös pääsulakkeiden täytyy kestää nämä yksittäiset korkeat tehopiikit, jotka eivät näy tuntikohtaisissa keskitehoissa.

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Opetusrakennusten tehonmitoituksen ohjeistus on vain suuntaa antava. Tehon mitoituksen näihin kohteisiin voi ajatella perustuvan kokemuspohjaiseen tietoon ja arvioon muista samankaltaisista kohteista. Korjauskertoimien käytöllä arvioidaan, kuinka paljon on mahdollisesti suurimpaan tehontarpeen aikaan sähkökuormista käytössä. Mitoitukset saattavat olla myös varovaisia, jotta liittymä varmasti riittää ja silti kohteeseen jää 30 %:n laajennusvara.

Tutkimuksesta voidaan todeta, että osassa Tampereen seudun päiväkodeista ja kouluista liittymäkoot ovat tuntikohtaiseen keskitehoon nähden liian suuria. Huomioiden myös 30 %:n laajennusvaran sähkötehoon, voidaan esimerkiksi Nekalan koulun liittymän kokoa pitää liian suurena todelliseen tarpeeseen. Täysin perustellusti pääsulakkeiden pienentämistä ei kuitenkaan voi suositella toteutettavaksi ennen, kun kohteesta on mitattu ja selvitetty todellisia tehohuippuja.

Työn kohteista olisi mielenkiintoista ja osin tarpeellista suorittaa tarkempia mittauksia, joista selviäisi todelliset tehohiiput. Nyt tutkitut tuntikohtaiset keskitehot ovat ainoastaan suuntaa antavia, jolloin todellista riittävää liittymäkokoa on melko haastavaa arvioida. Jatkotutkimuksena voisi myös selvittää, mihin teho jakaantuu kohteissa, esimerkiksi kuinka suuri osa kulutetusta sähkötehosta kuluu lämmitykseen, valaistukseen tai ilmanvaihtoon. Tätä tarkastelemalla voisi pohtia tarkemmin keinoja, joilla päiväkodeissa ja kouluissa voisi vaikuttaa paremmin tehon rajoittamiseen huipputehojen aikana.

Säännöllisen päivärytmin ja suuriin tehohuippuihin nähden pienet peruskuormat voisivat mahdollistaa akuston hyödyntämisen pienentämään nykyisellään olevia huipputehoja. Akustoa voisi ladata ilta- ja yöaikaan, kun kohteissa kulutus on pientä ja puolestaan käyttää tehonkulutuksen ollessa korkeinta aamupäivästä. Hyvällä akuston suunnittelulla voisi olla mahdollista pienentää kohteissa pääsulakkeiden kokoa ja sähkötehon kulutusta merkittävästi, mikä olisi edullista myös sähköverkolle. Jos uusi tehomaksu pohjainen hinnoittelu tulee koko Suomeen, voisi vaikutukset olla rahallisesti merkittäviä myös kohteille, kun sähkötehon kulutus olisi tasaisempaa, kun korkeimmat KTT:t leikkautuisivat pois.

## LÄHTEET

Honkapuro, S. ym. 2017. Jakeluverkon tariffirakenteen kehitysmahdollisuudet ja vaikutukset. Tutkimusraportti. Luettu 25.1.2018. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-335-105-9>

Intelligent load control using circuit breakers. 2018. CIBSE journal. Luettu 10.4.2018. <https://www.cibsejournal.com/technical/intelligent-load-control-using-circuit-breakers/>

Laki sähkön ja eräiden polttoaineiden valmisteverosta 30.12.1996/1260; 973/2017

Matkalla kohti joustavaa ja asiakaskeskeistä sähköjärjestelmää. 2017. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja38/2017. Työ- ja elinkeinoministeriön älyverkkotyöryhmän väliraportti. Luettu 25.1.2018. <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/80792>

Järventausta, P. ym. 2015. Kysynnän jousto – Suomeen soveltuvat käytännön ratkaisut ja vaikutukset verkkoyhtiöille (DR pooli). Loppuraportti. Luettu 28.1.2018. [https://tutcris.tut.fi/portal/en/publications/kysynnan-jousto--suomeen-soveltuvat-kaytannoen-ratkaisut-ja-vaikutukset-verkkoyhtioille-dr-pooli\(d8a7e38d-6533-417e-974c-8399326a55c6\).html](https://tutcris.tut.fi/portal/en/publications/kysynnan-jousto--suomeen-soveltuvat-kaytannoen-ratkaisut-ja-vaikutukset-verkkoyhtioille-dr-pooli(d8a7e38d-6533-417e-974c-8399326a55c6).html)

ST 11.51. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. 2013. Sähkötieto ry.

ST 13.31. Rakennuksen sähköverkon ja pienjänniteliittymän mitoittaminen. 2015. Sähkötieto ry.

Sähkömarkkinalaki 1430/2014

Sähkön hinta. Energiateollisuus. Luettu 25.1.2018. <https://www.energiavirasto.fi/sahkon-hinta>

Sähköä kannattaa käyttää joustavasti. Energiateollisuus. Luettu 12.3.2018. [https://energia.fi/perustietoa\\_energia-alasta/energiamarkkinat/sahkomarkkinat/kysyntajousto](https://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/energiamarkkinat/sahkomarkkinat/kysyntajousto)

Tuntimittauksen periaatteita. 2016. Energiateollisuus. Luettu 23.1.2018. [https://energia.fi/files/1153/Tuntimittausuudistus\\_paiv\\_20161012.pdf](https://energia.fi/files/1153/Tuntimittausuudistus_paiv_20161012.pdf)

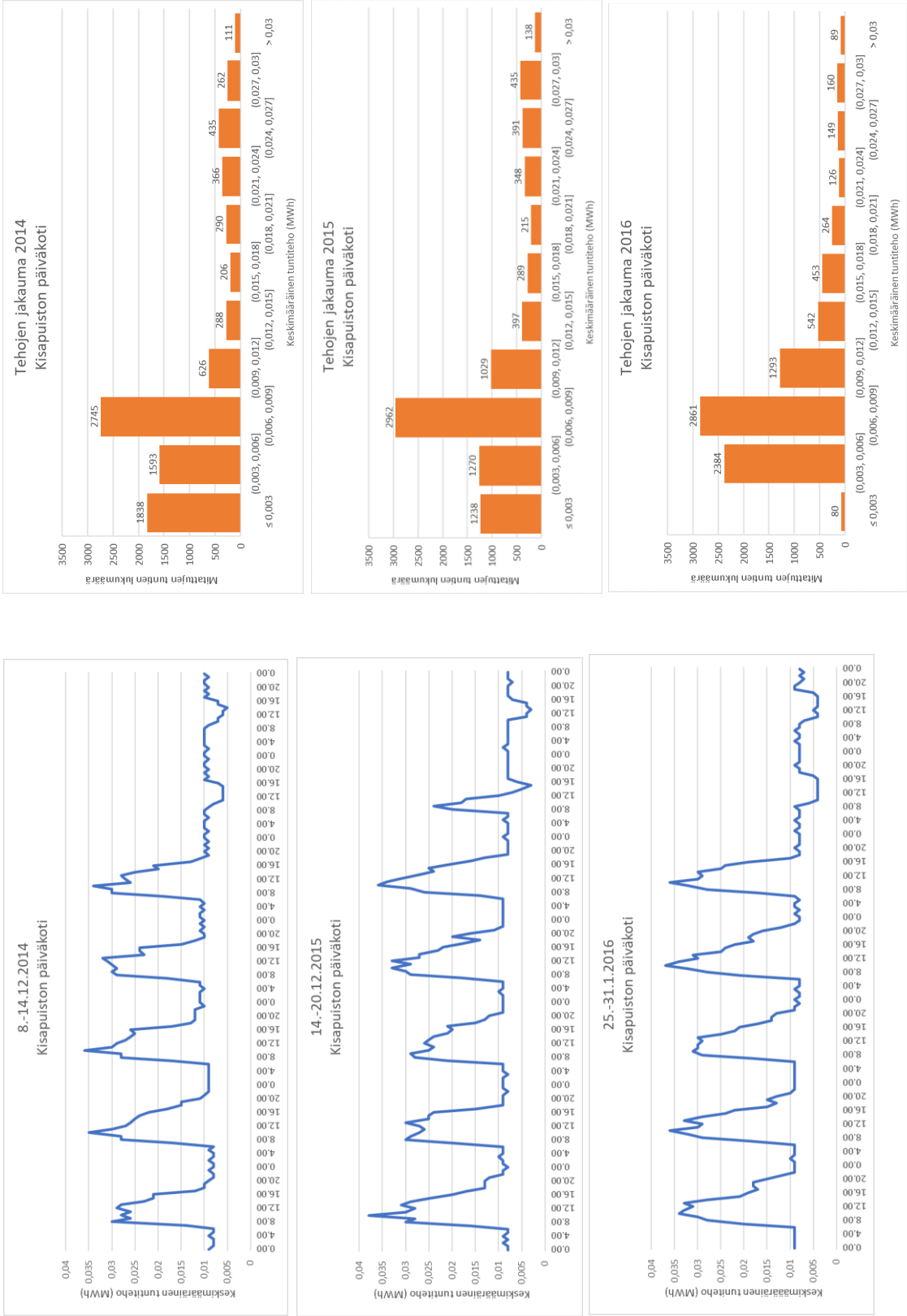
Valtioneuvoston asetus sähkönmitoitusten selvityksestä ja mittauksesta 66/2009

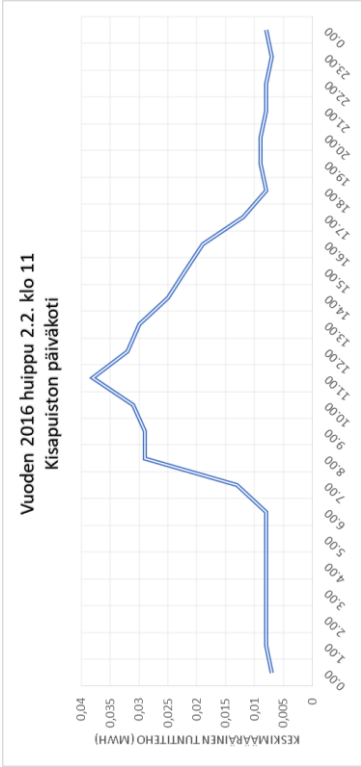
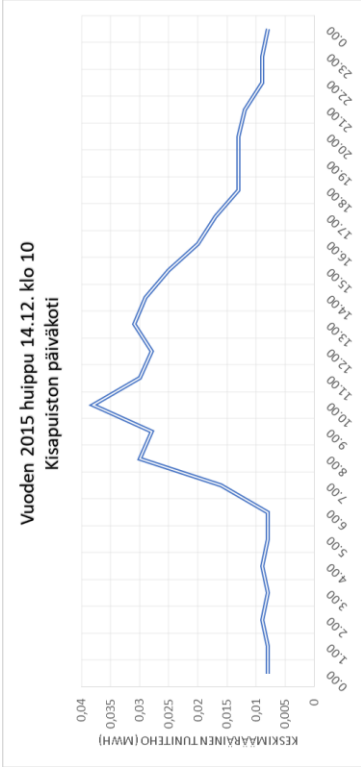
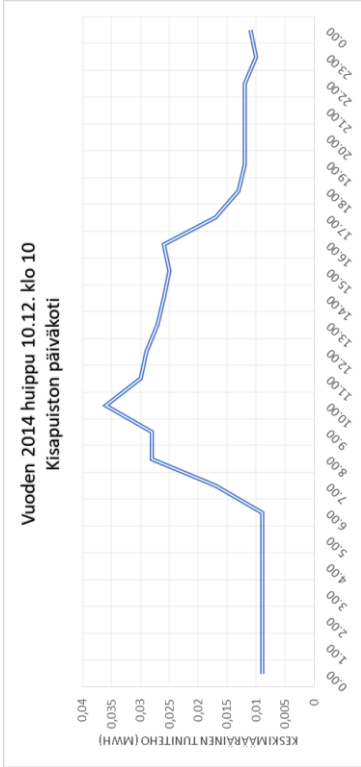
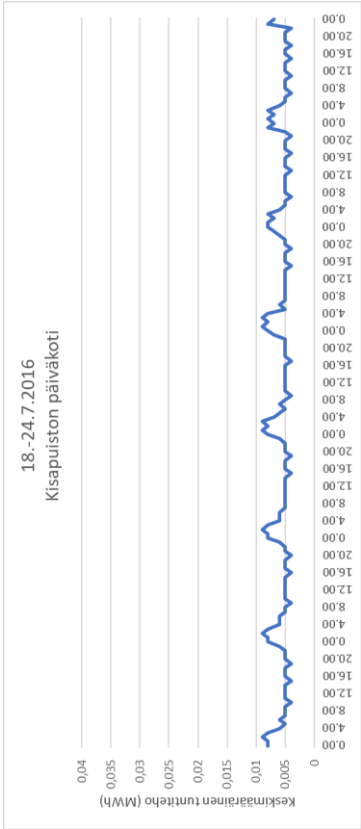
Valtioneuvoston asetus sähkönmitoitusten selvityksestä ja mittauksesta annetun valtioneuvoston asetuksen muuttamisesta 217/2016

LIITTEET

Liite 1. Kisapuiston päiväkodin kuvaajat

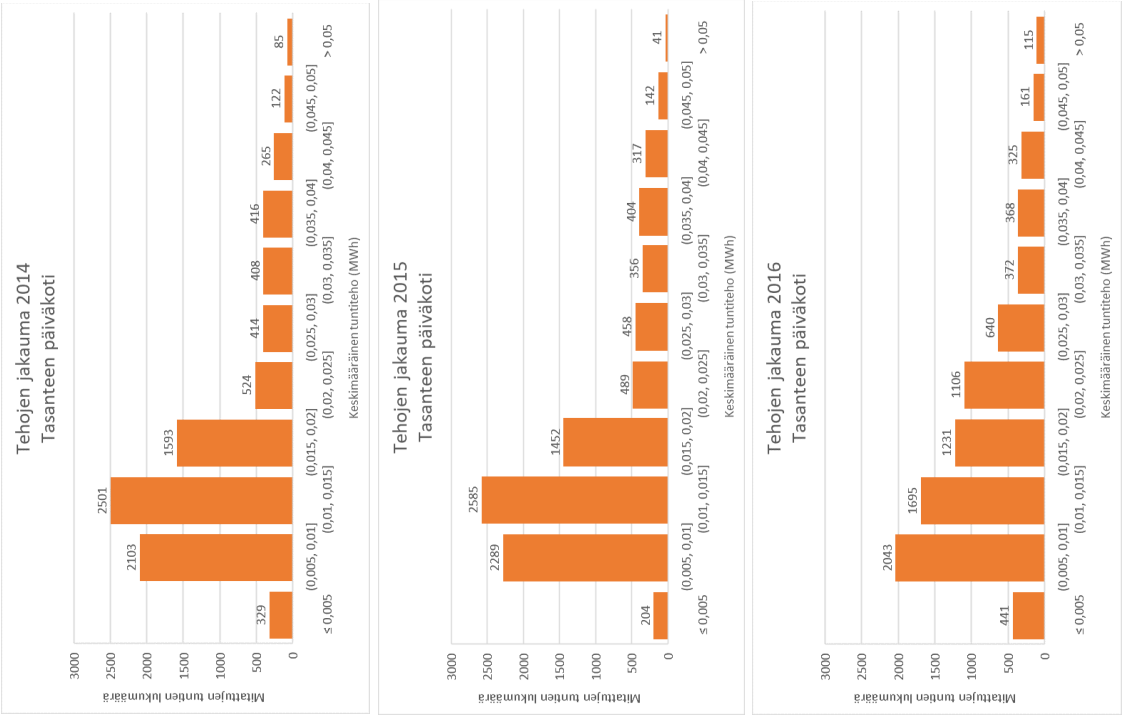
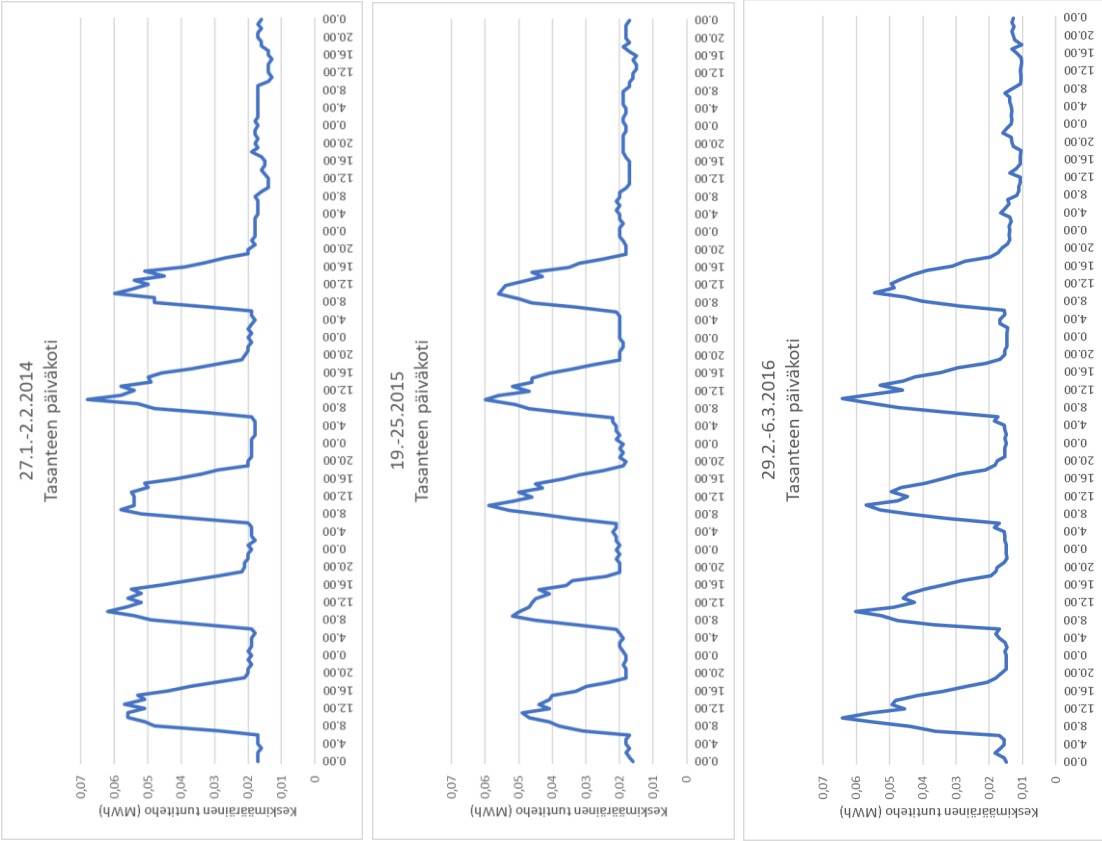
1(2)

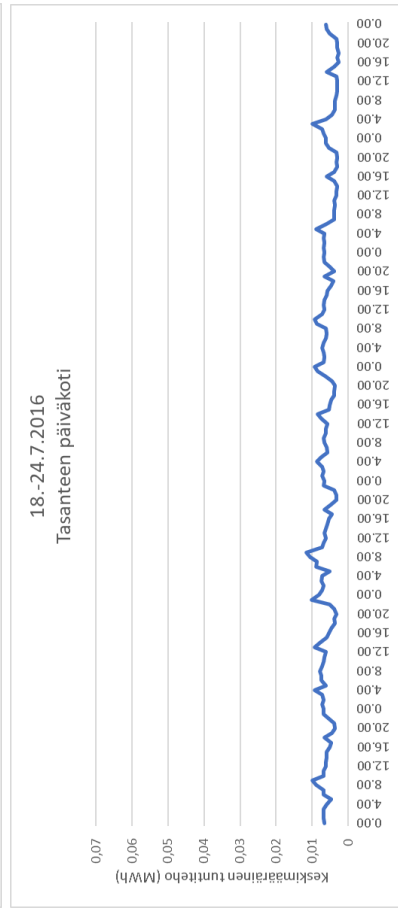
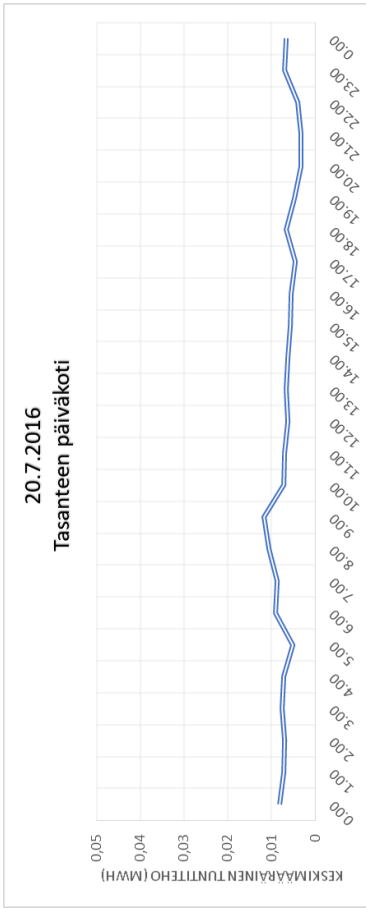
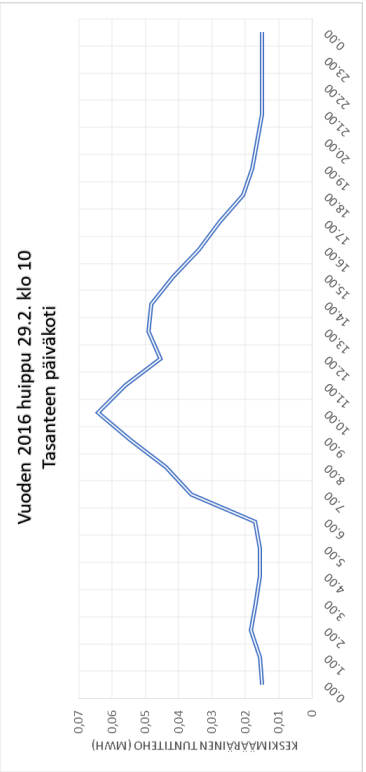
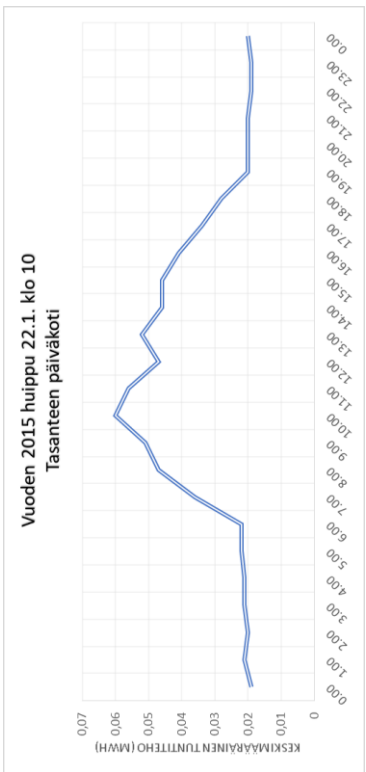
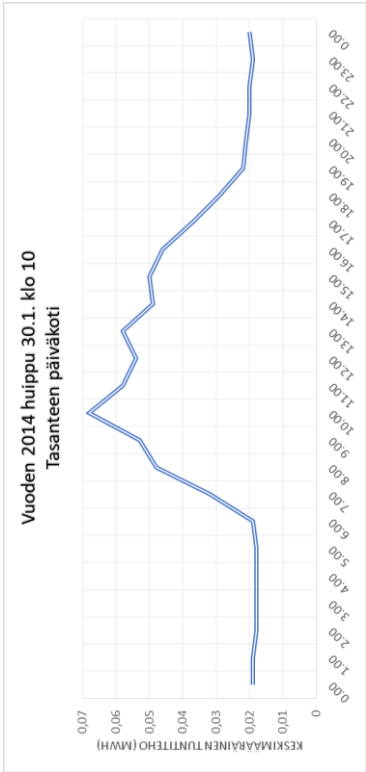




Liite 2. Tasanteen päiväkodin kuvaajat

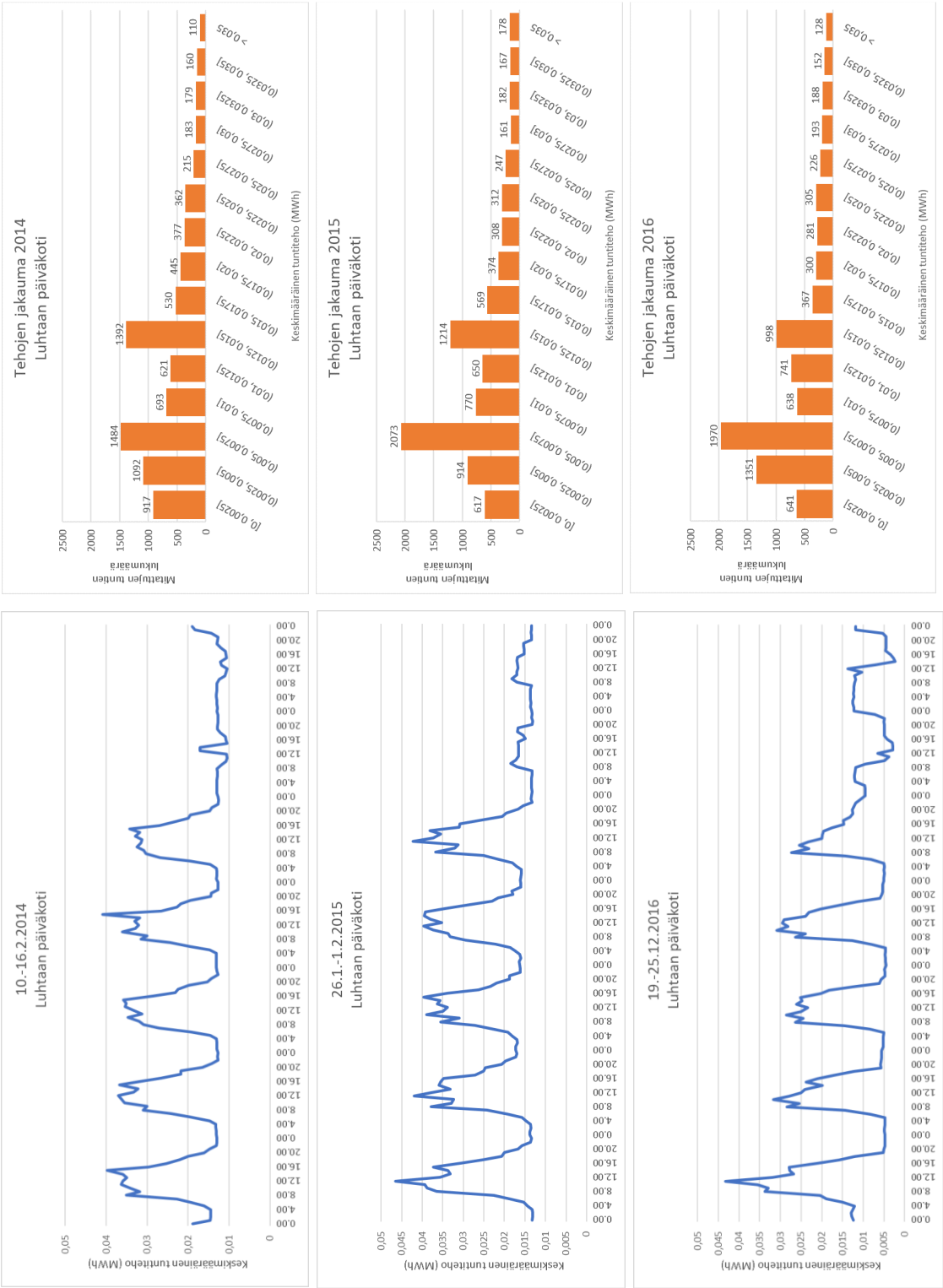
1 (2)



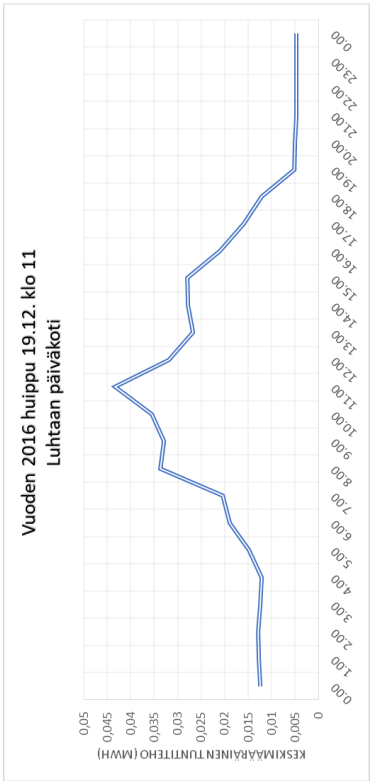
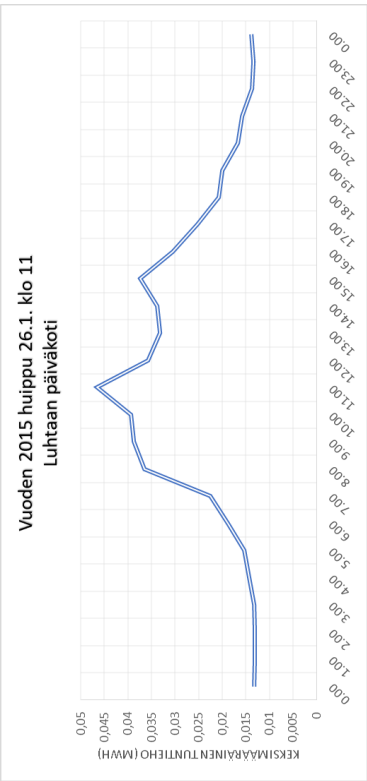
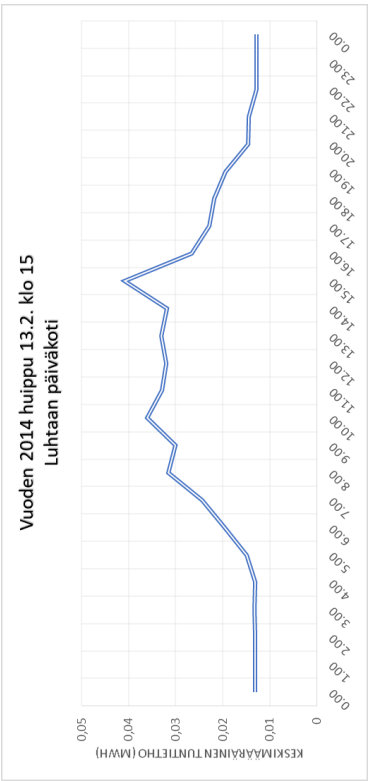
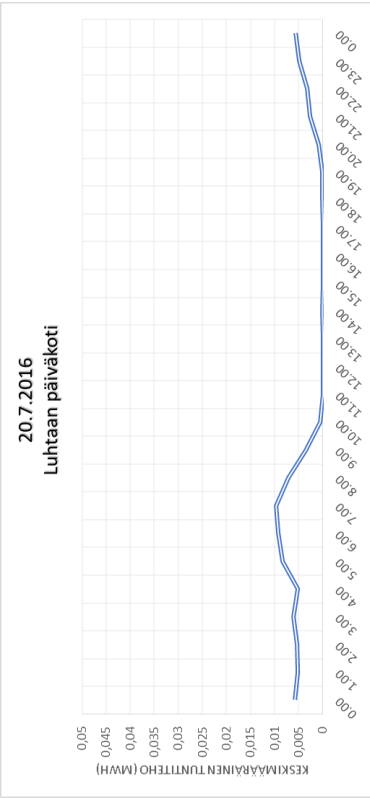
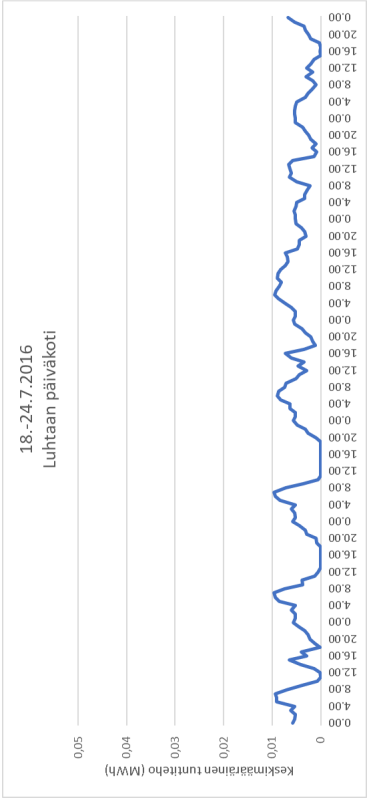
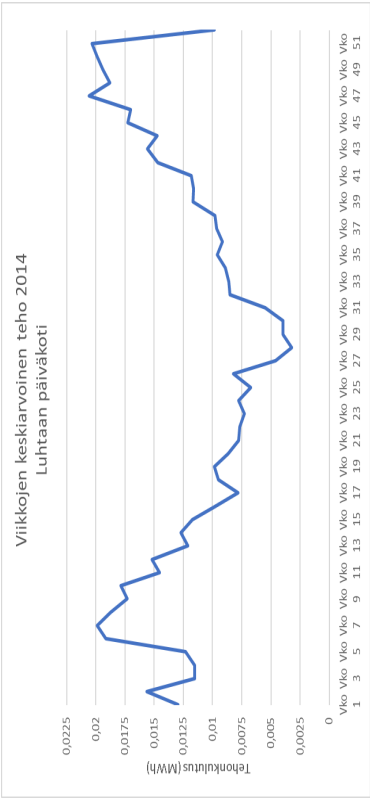


Liite 3. Luhtaan päiväkodin kuvaajat

1 (2)

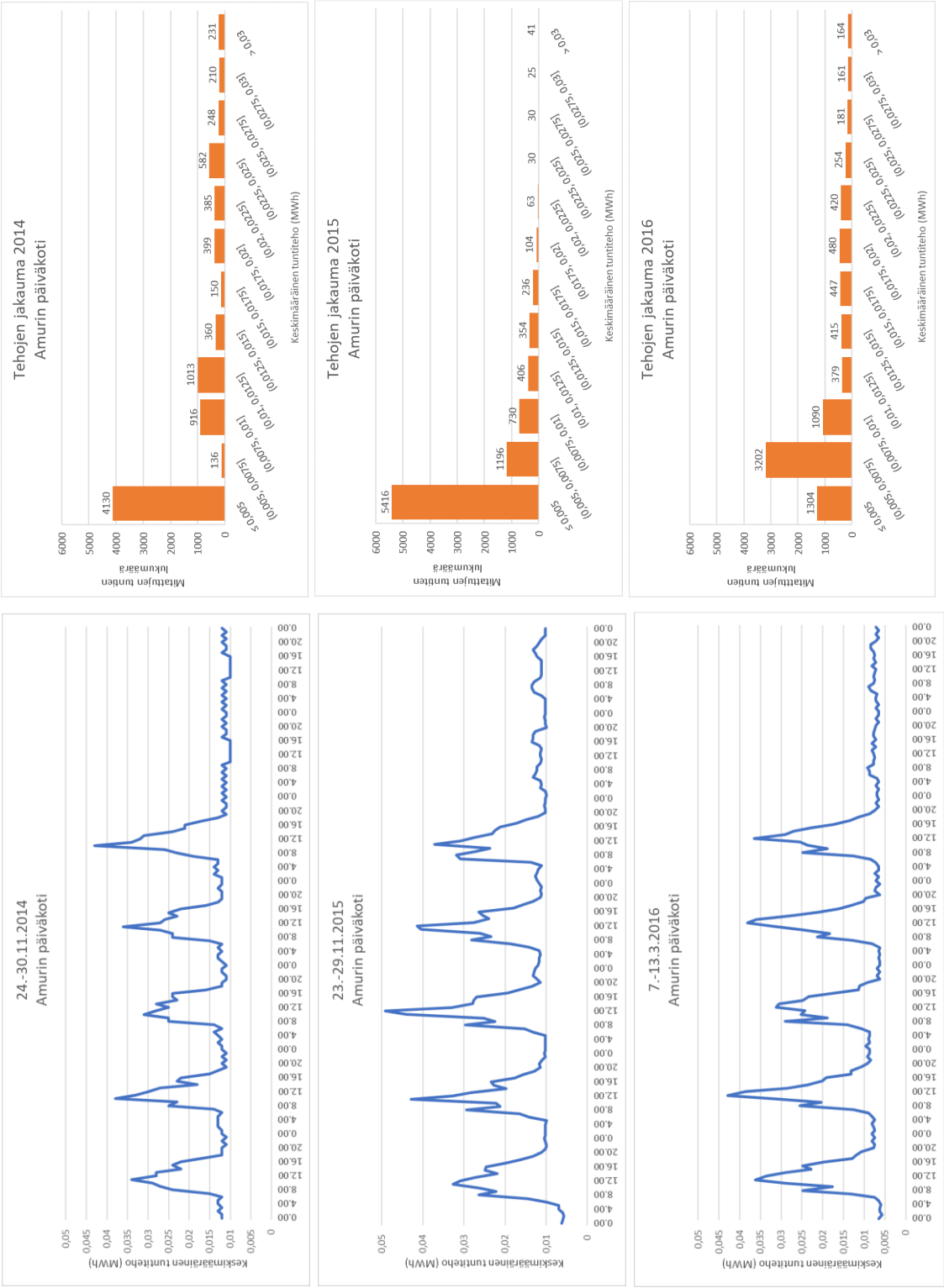


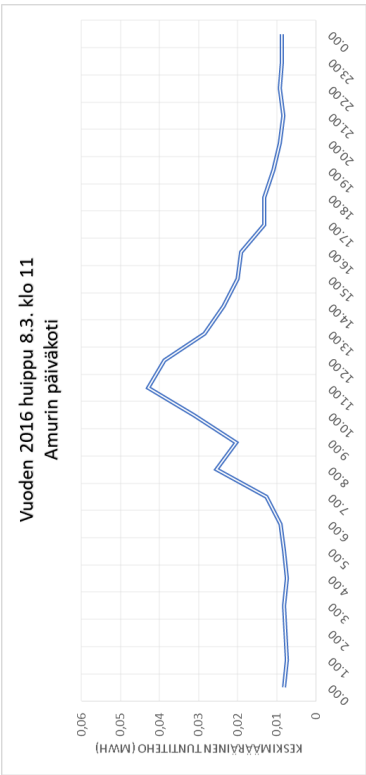
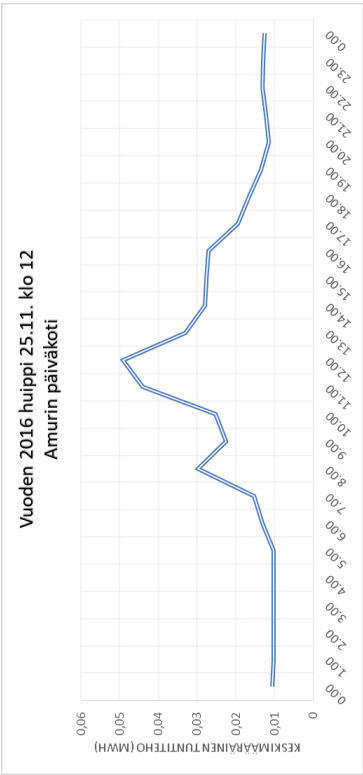
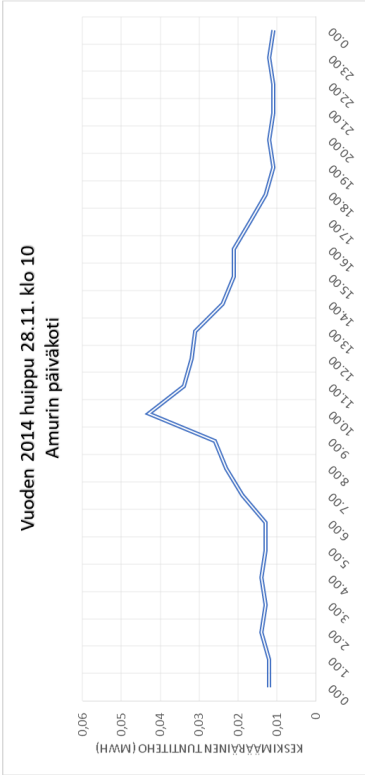
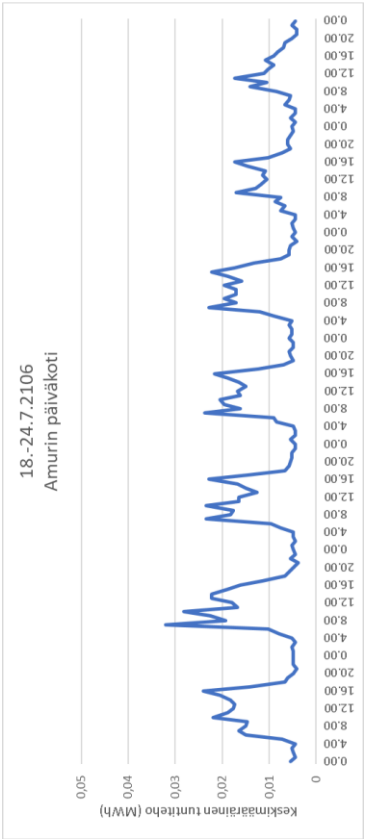




Liite 4. Amurin päiväkodin kuvaajat

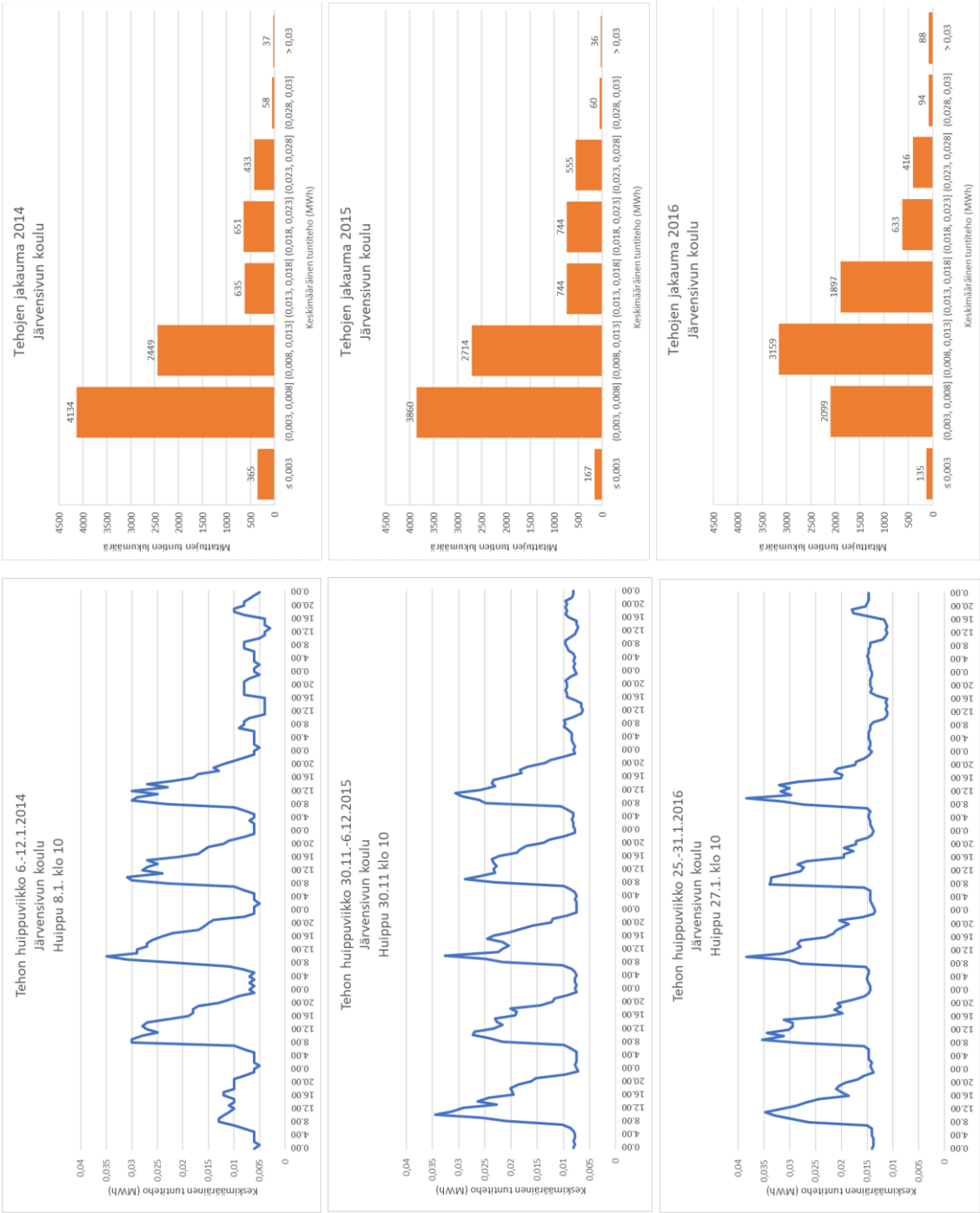
1 (2)

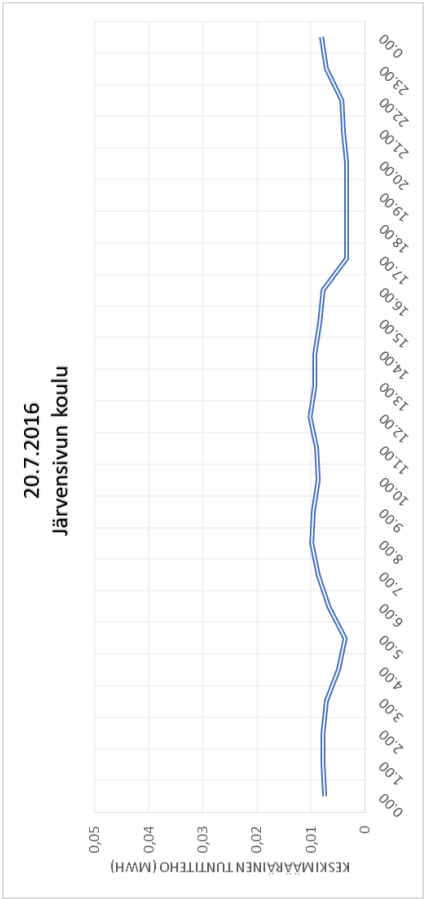
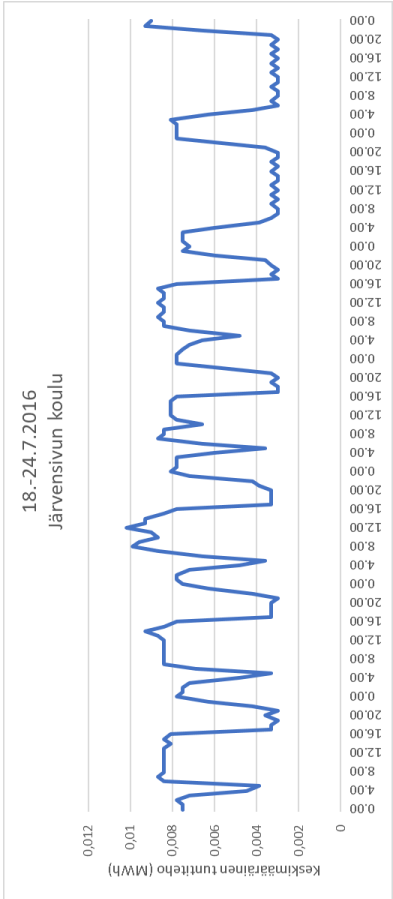
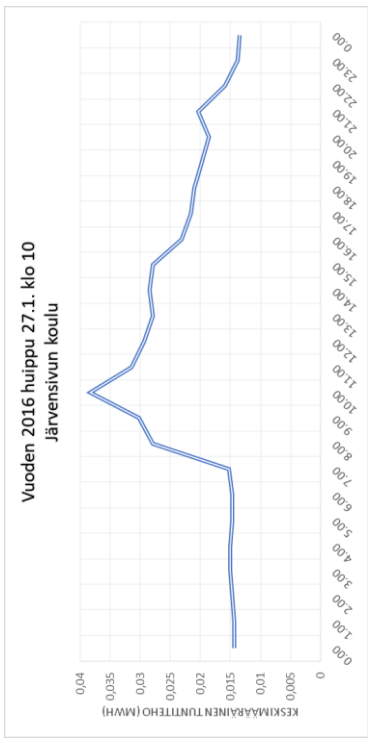
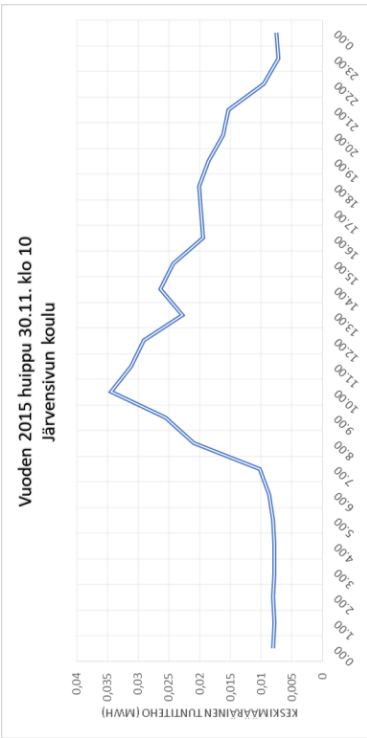
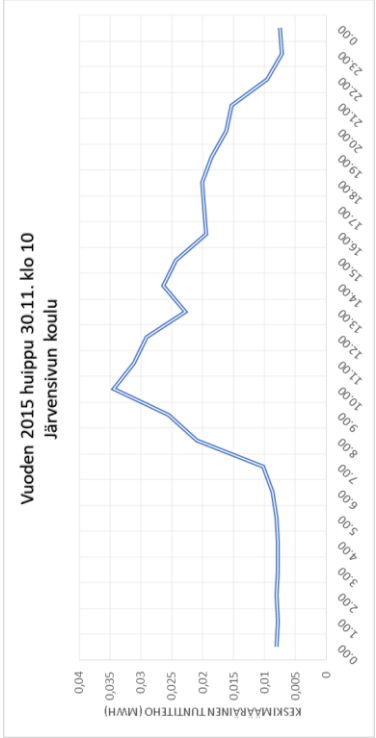




Liite 5. Järvensivun koulun kuvaajat

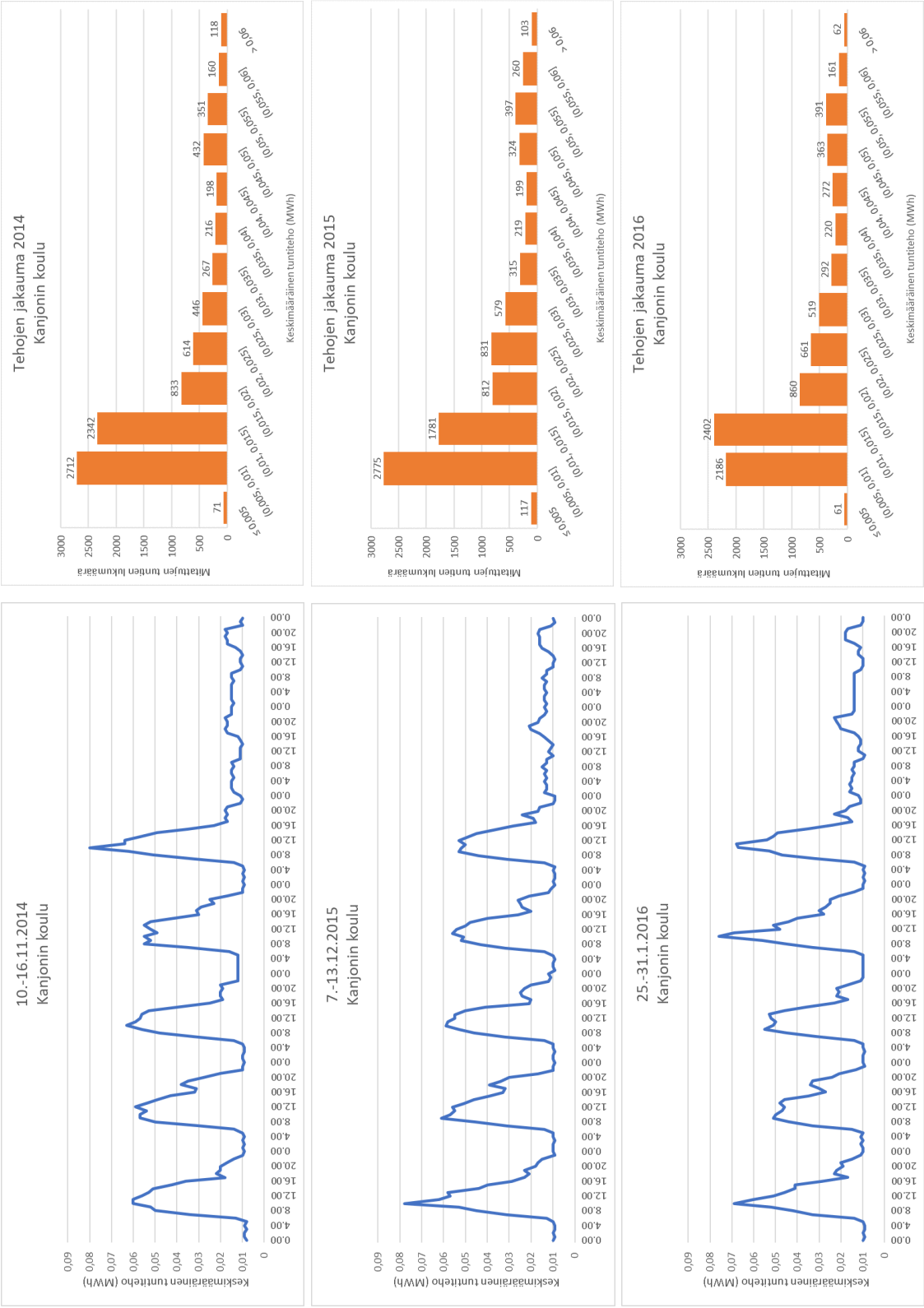
1 (2)

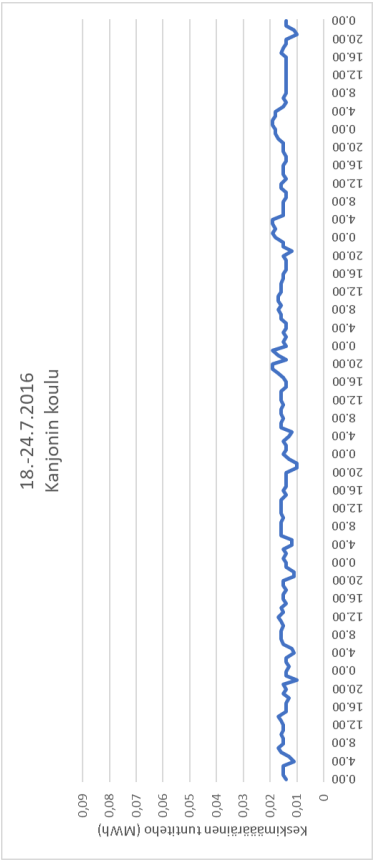
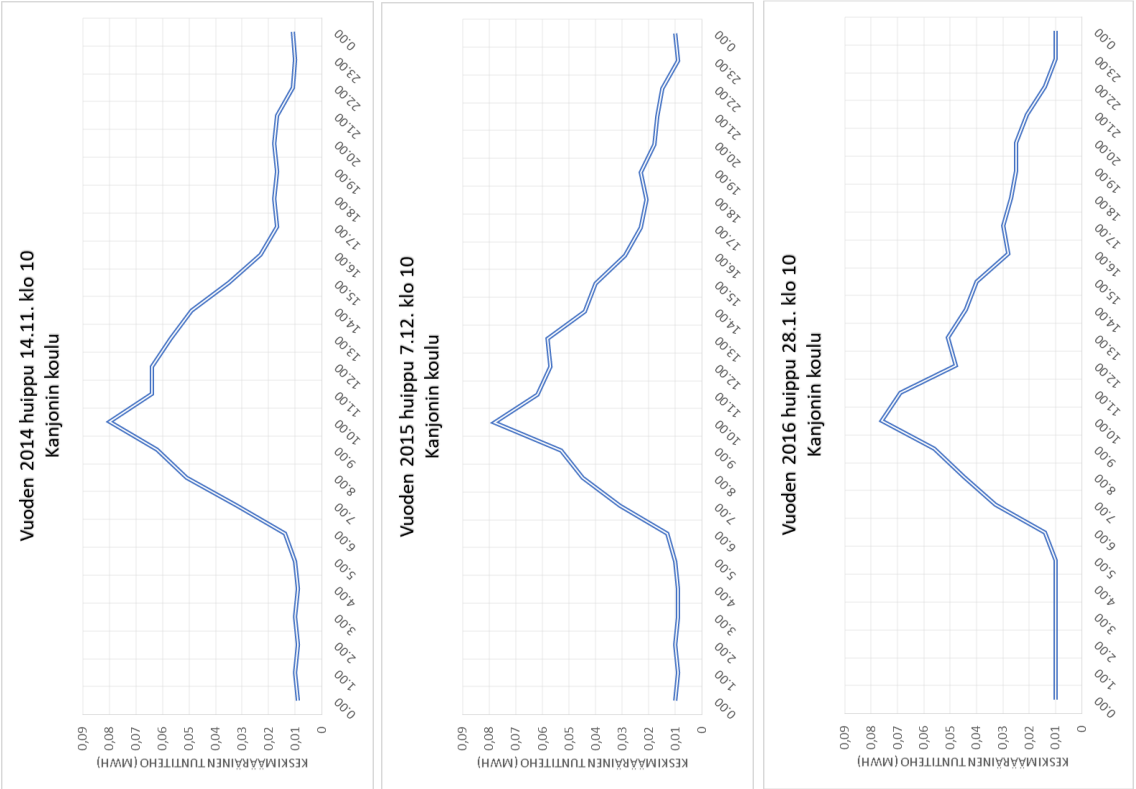




Liite 6. Kanjonin koulun kuvaajat

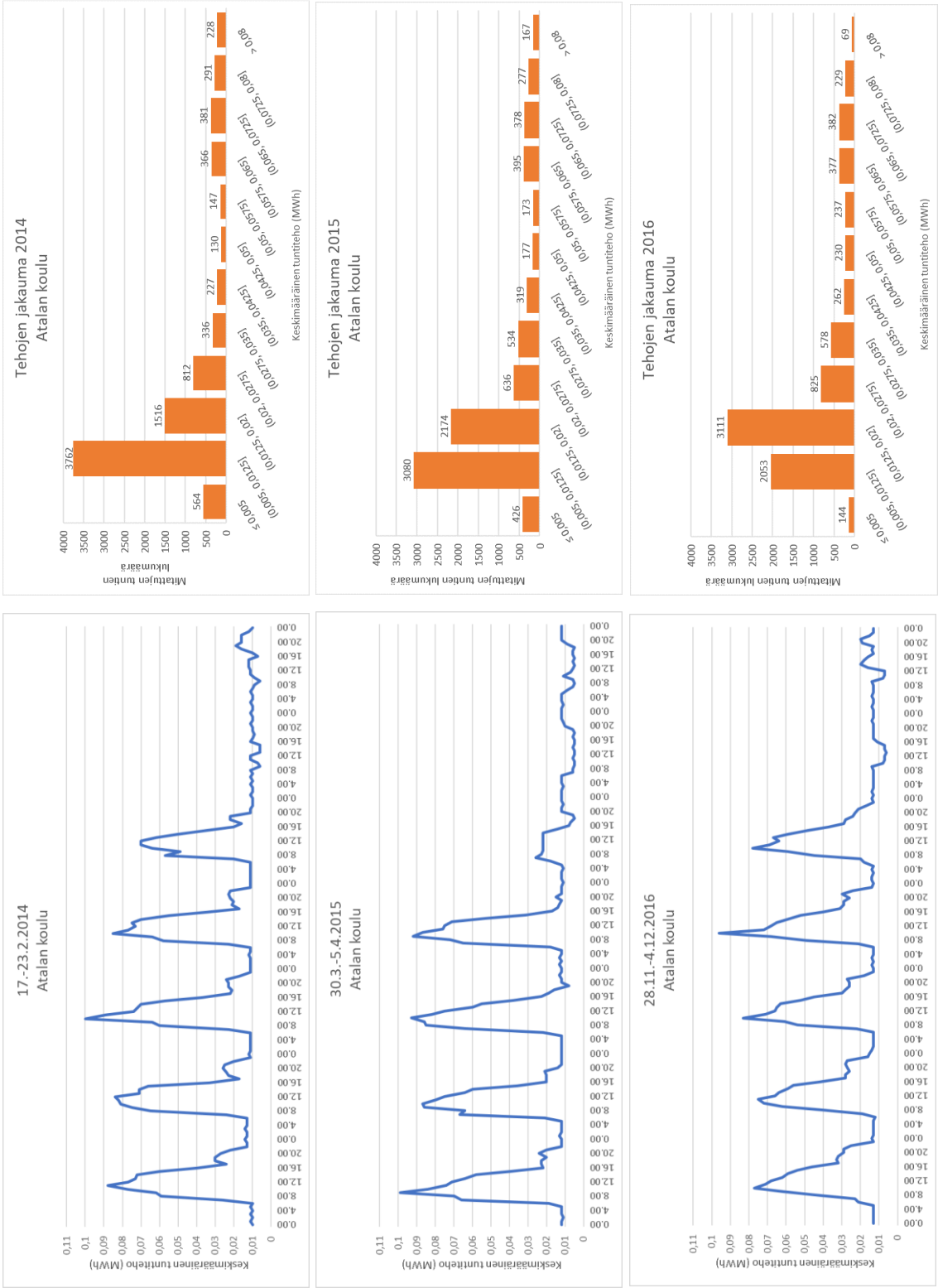
1 (2)



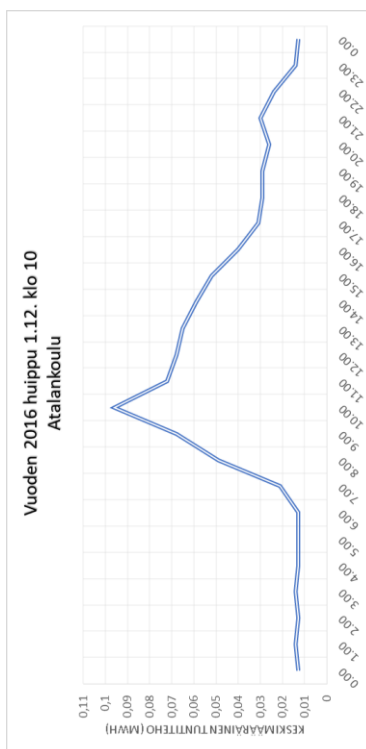
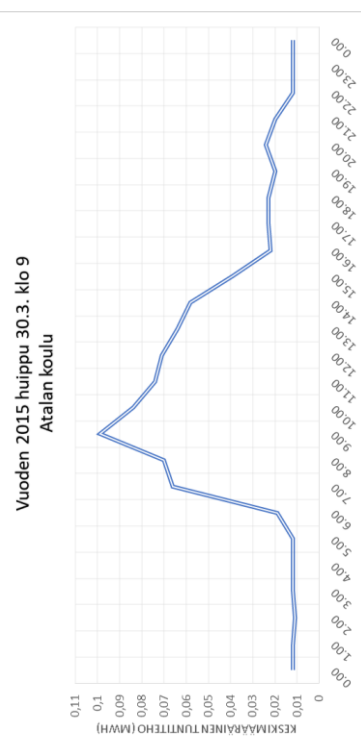
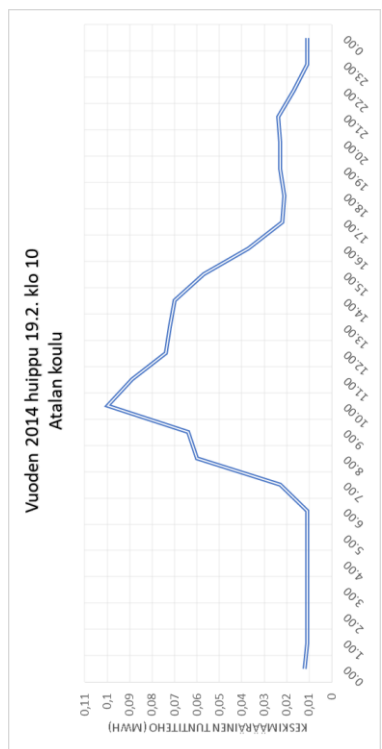
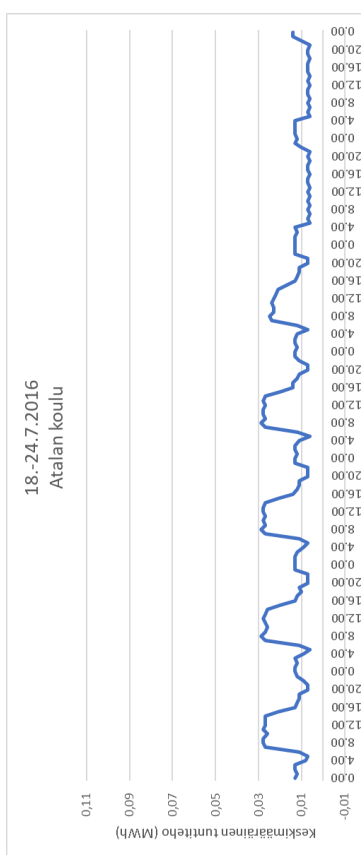
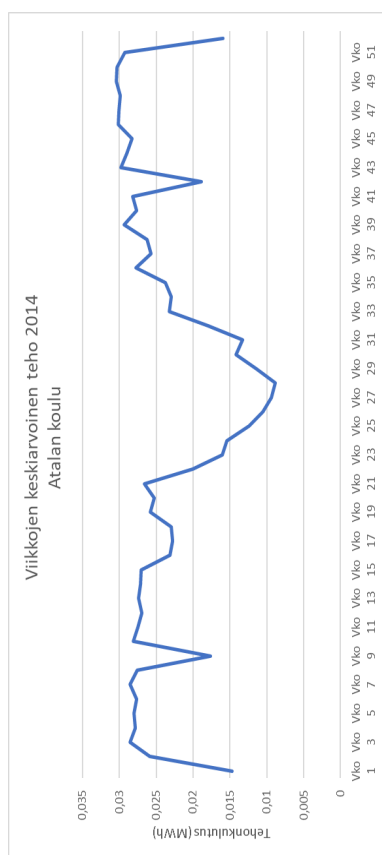


Liite 7. Atalan koulun kuvaajat

1 (2)

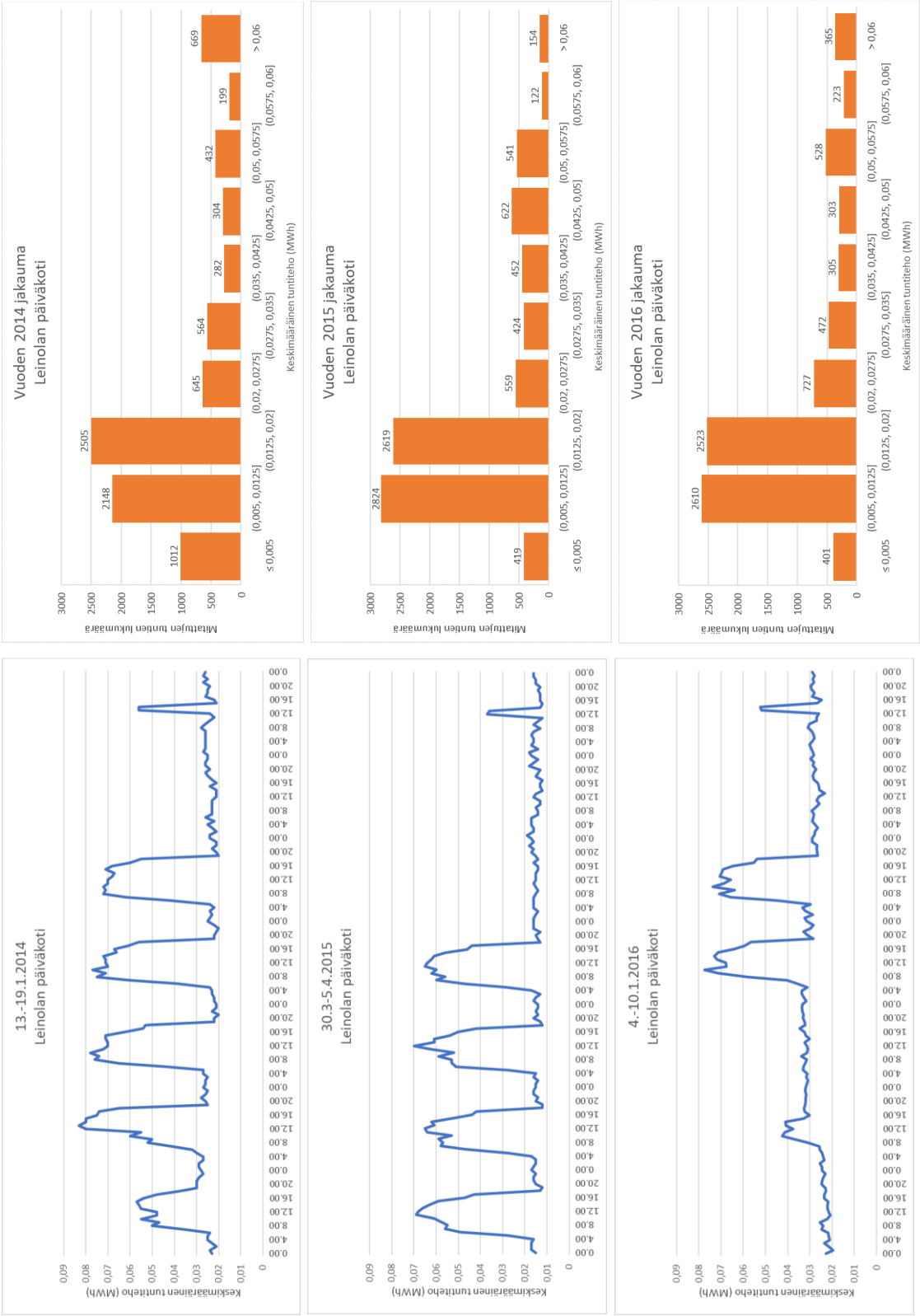


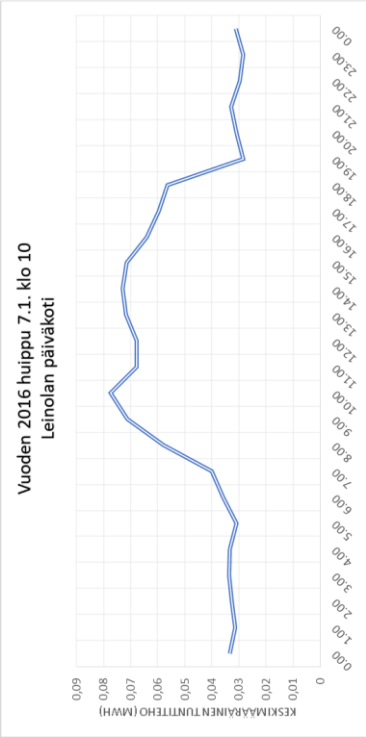
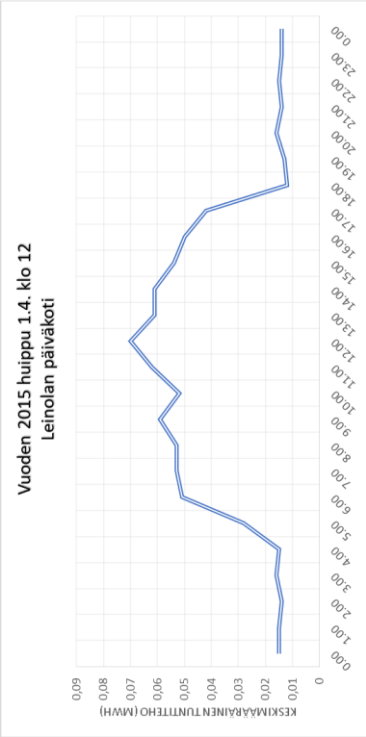
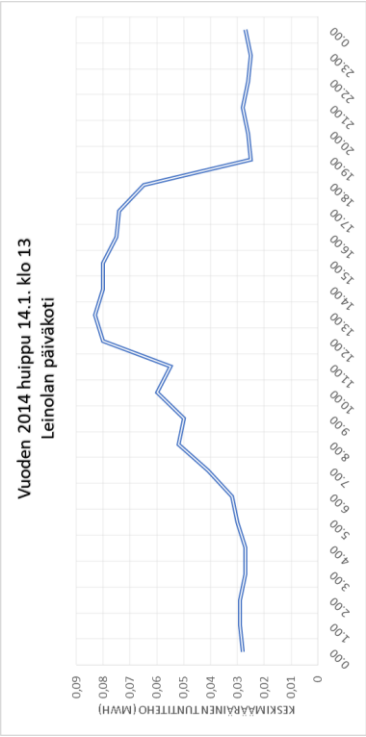
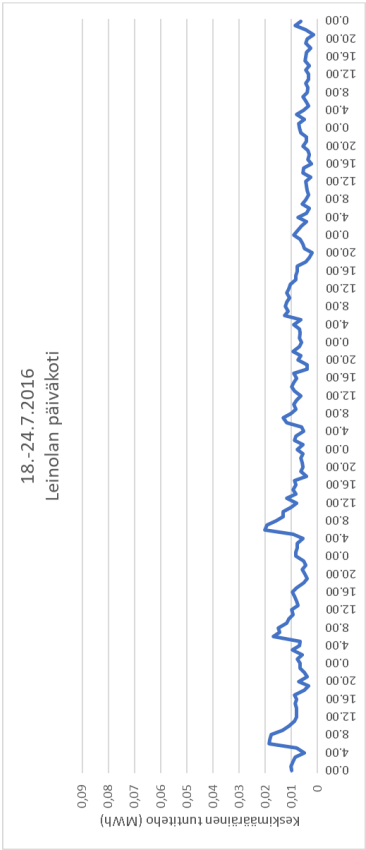




Liite 8. Leinolan koulun kuvaajat

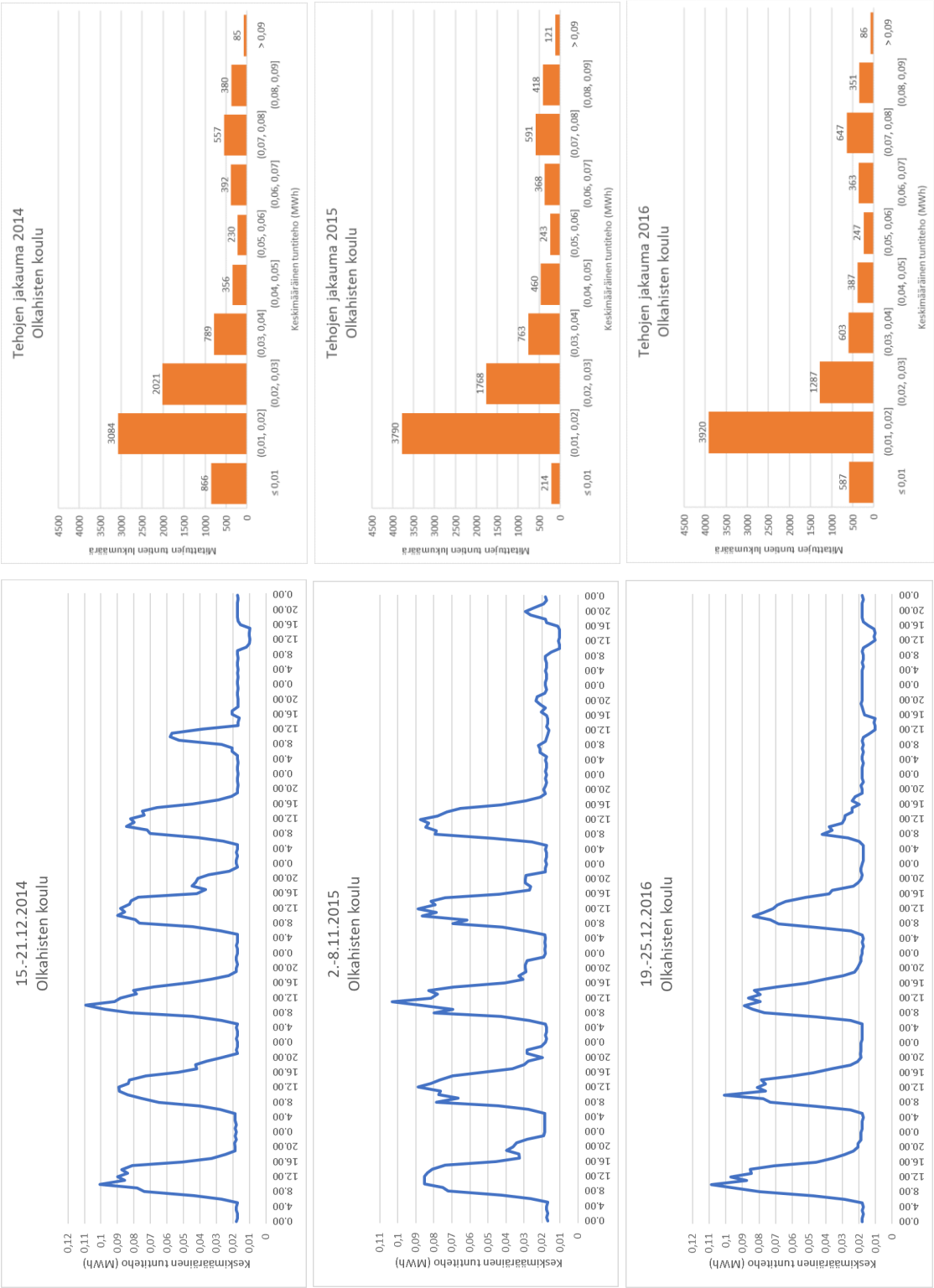
1 (2)

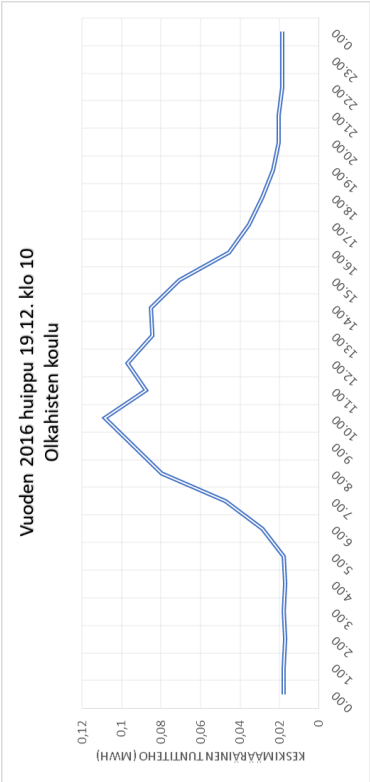
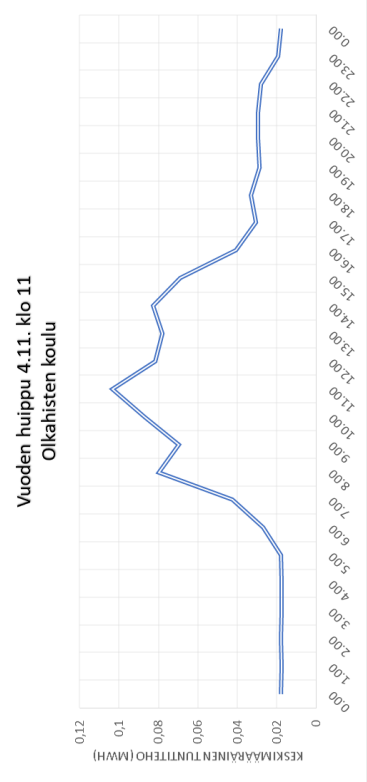
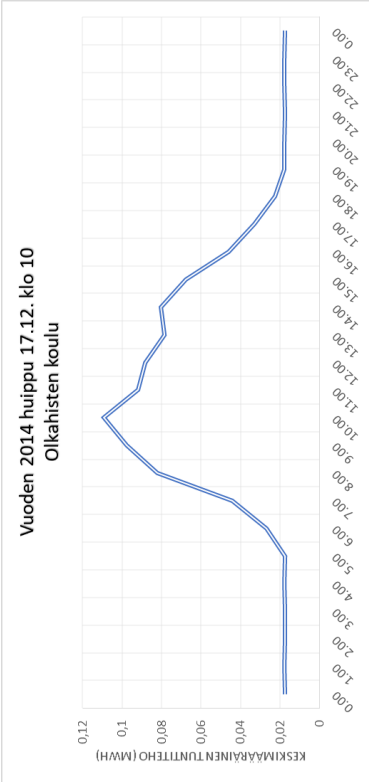
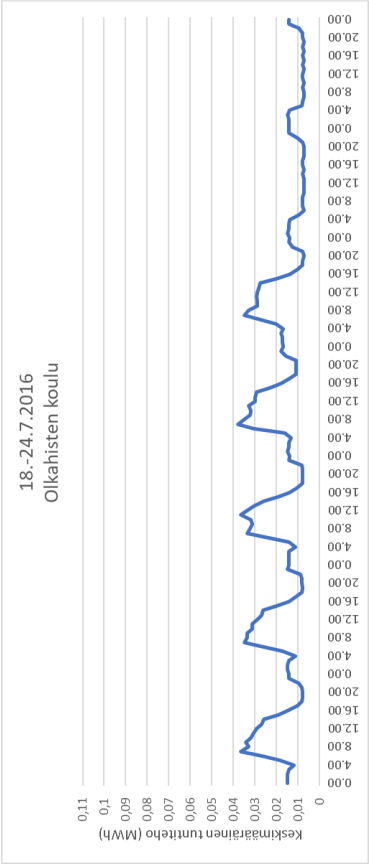




Liite 9. Olkahisten koulun kuvaajat

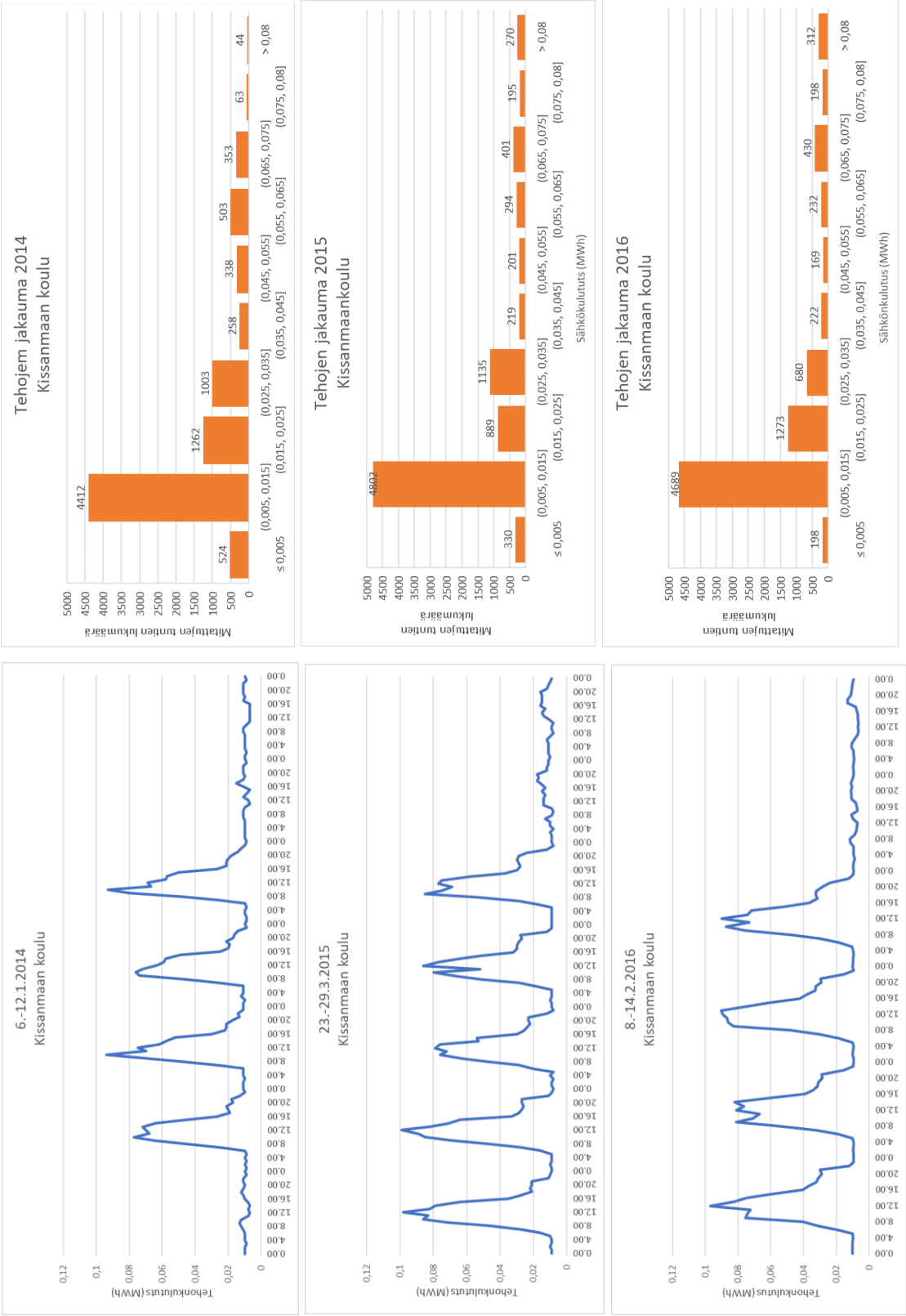
1 (2)

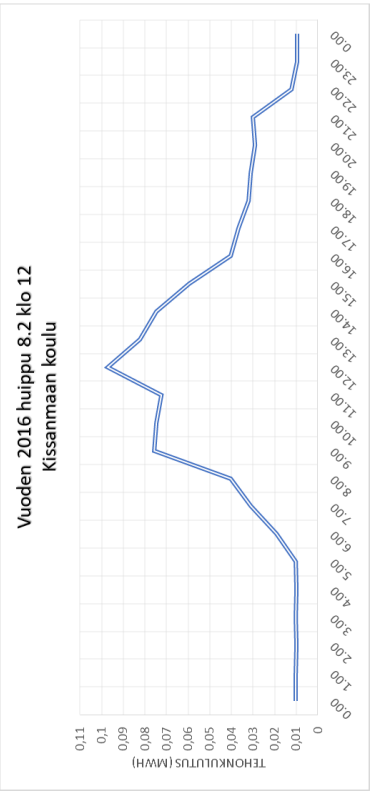
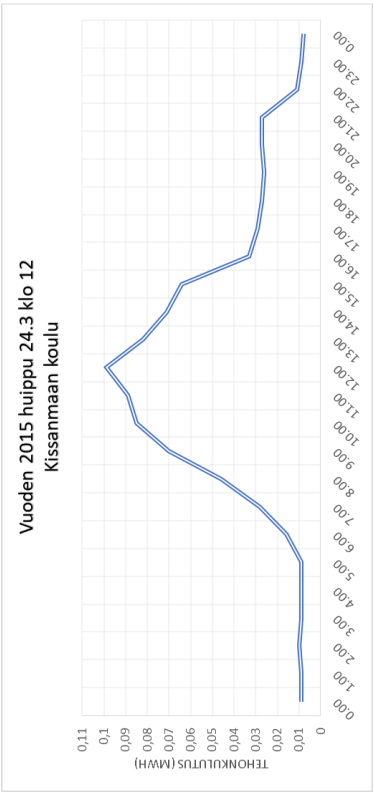
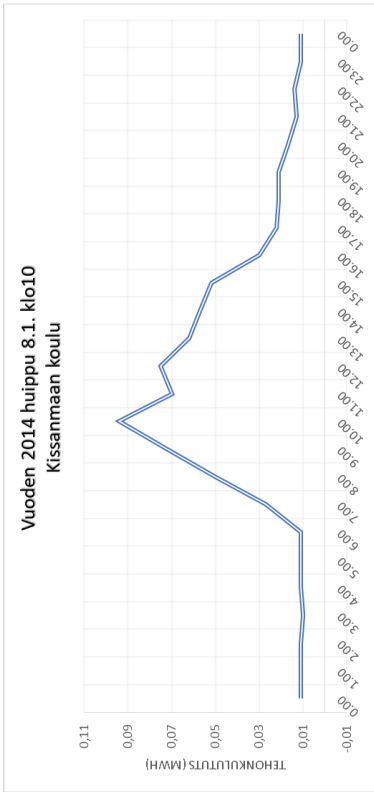
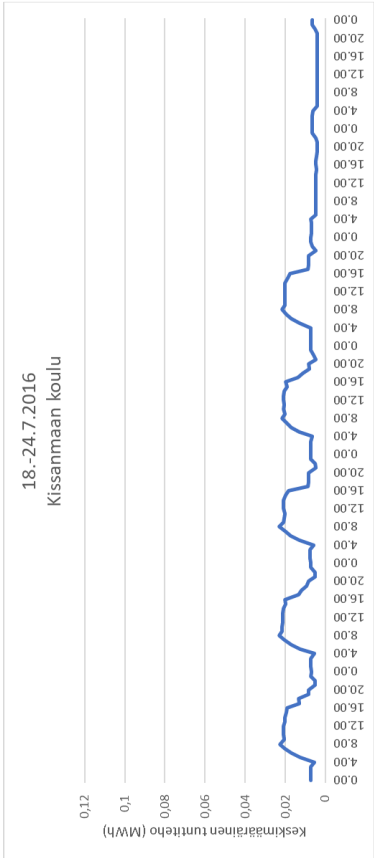




Liite 10. Kissanmaan koulun kuvaajat

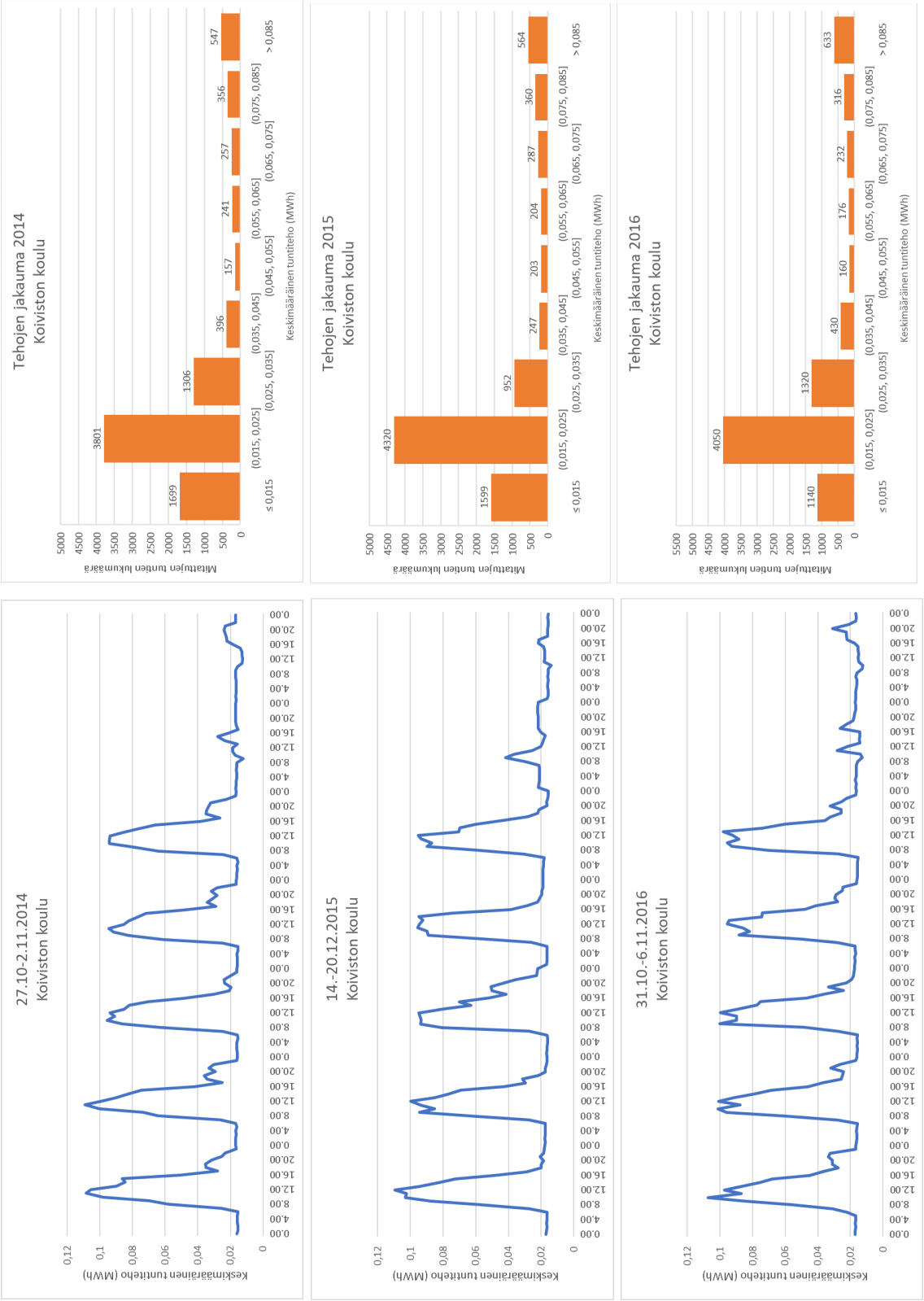
1 (2)



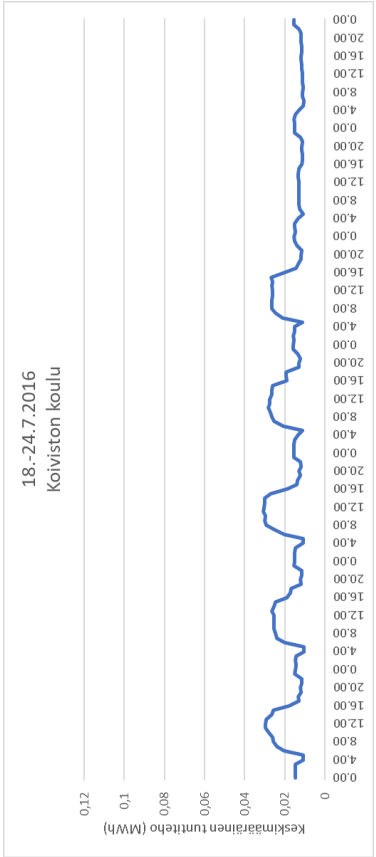
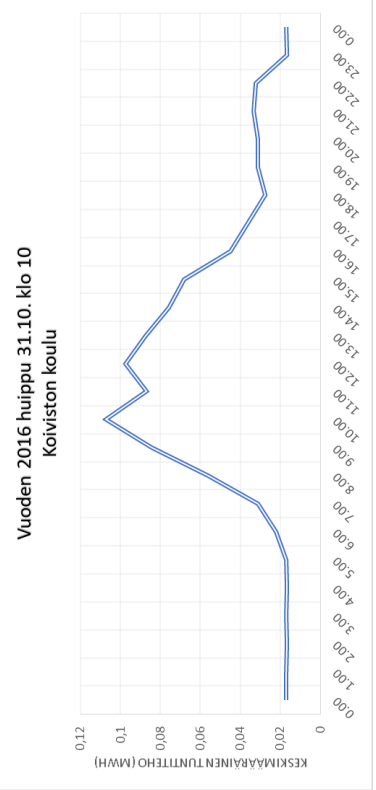
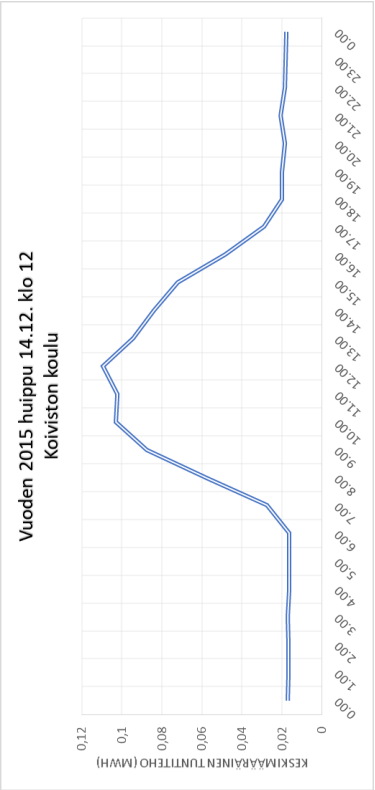
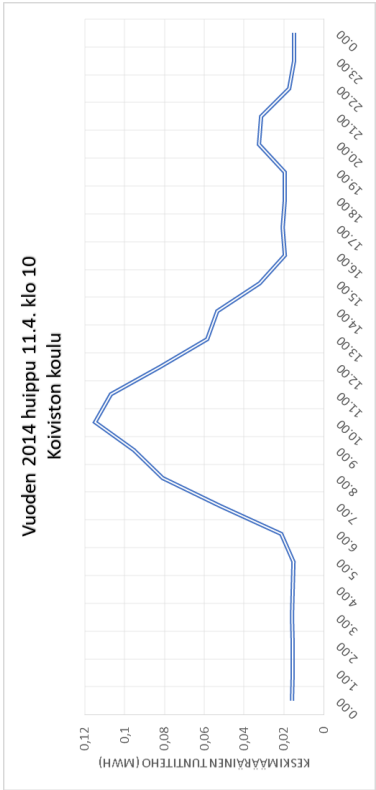


Liite 11. Koiviston koulun kuvaajat

1 (2)

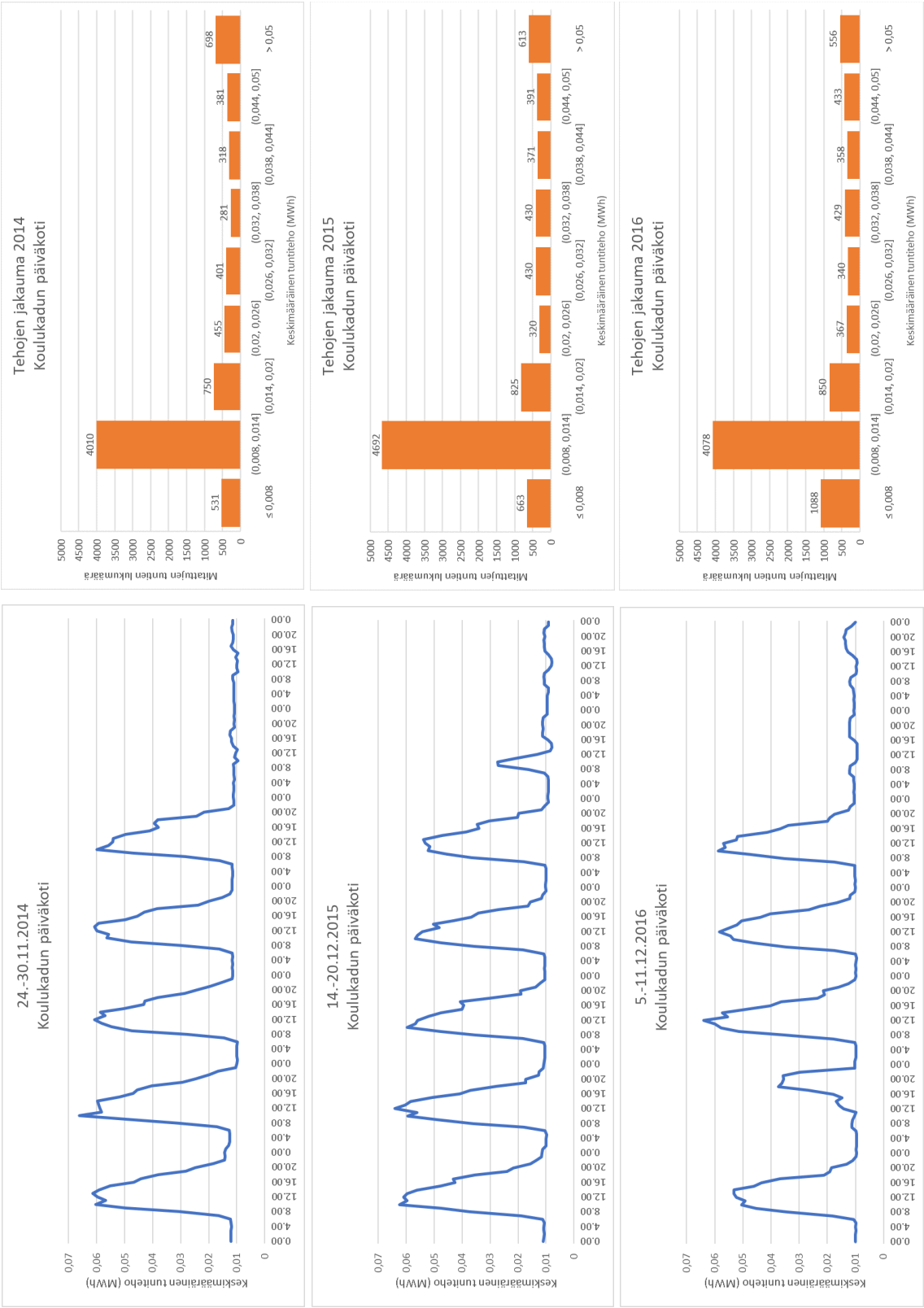


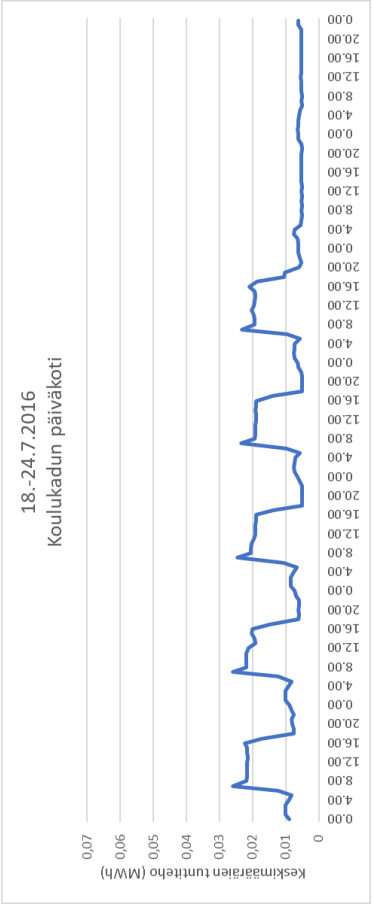
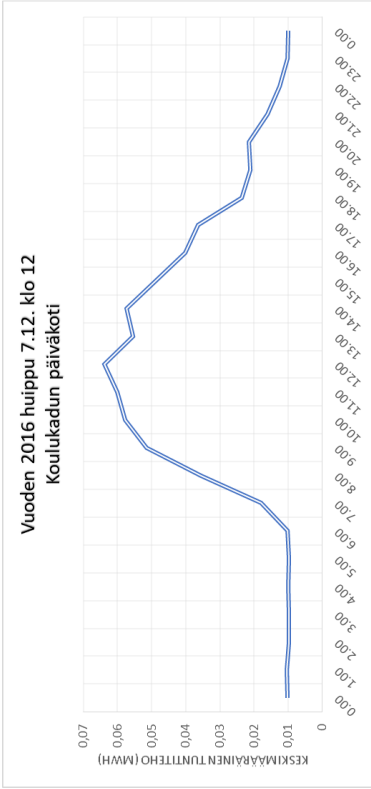
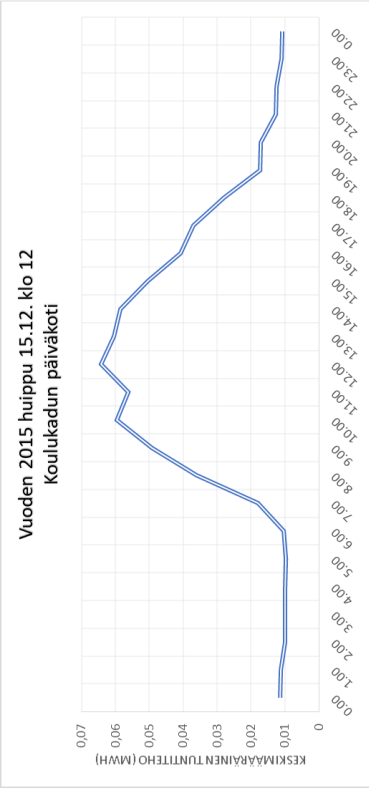
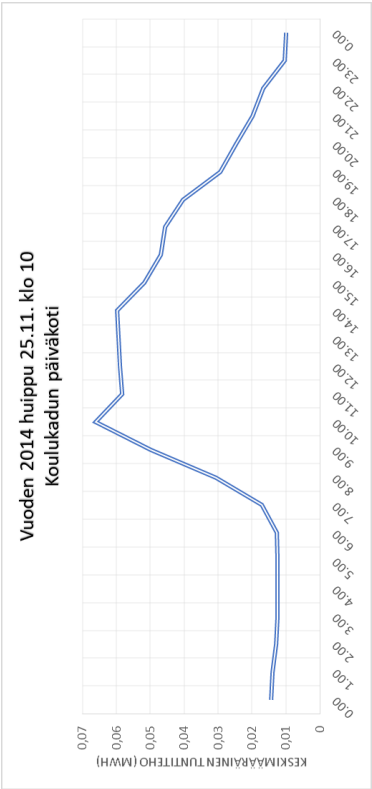




Liite 12. Koulukadun päiväkodin kuvaajat

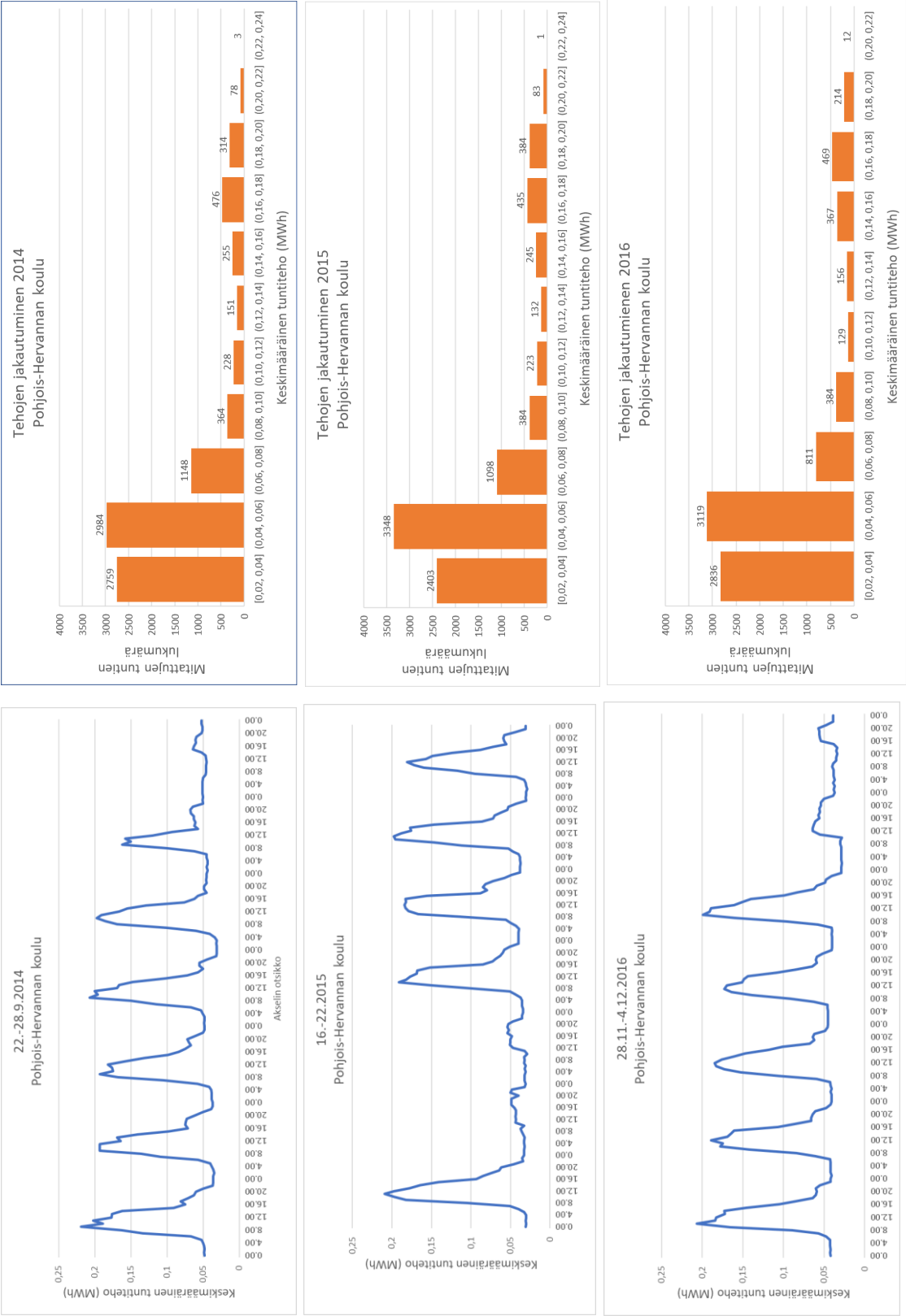
1 (2)

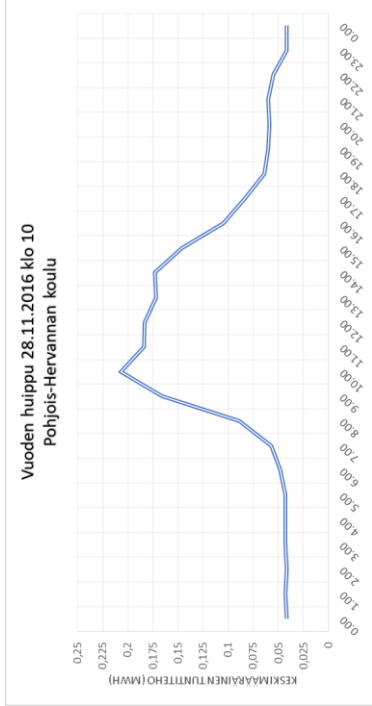
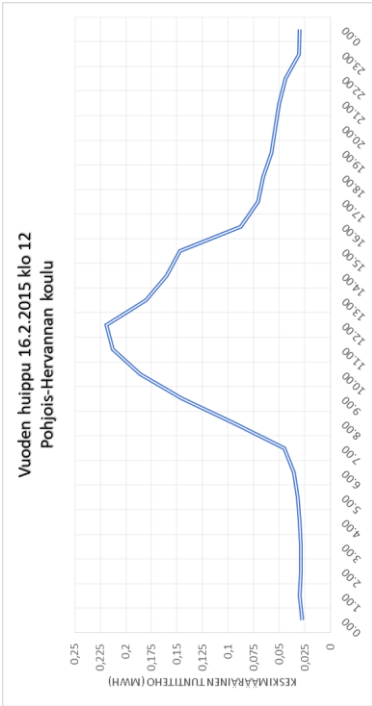
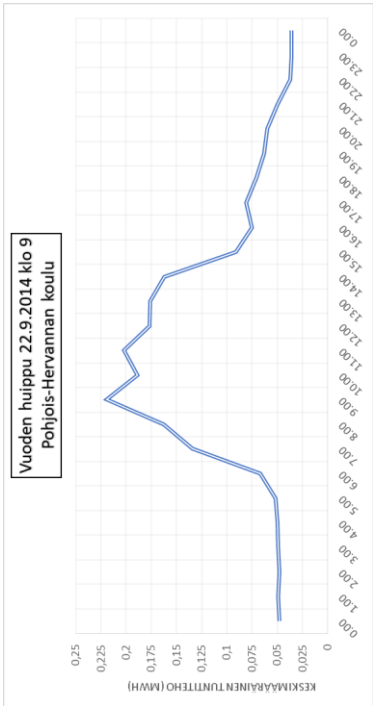
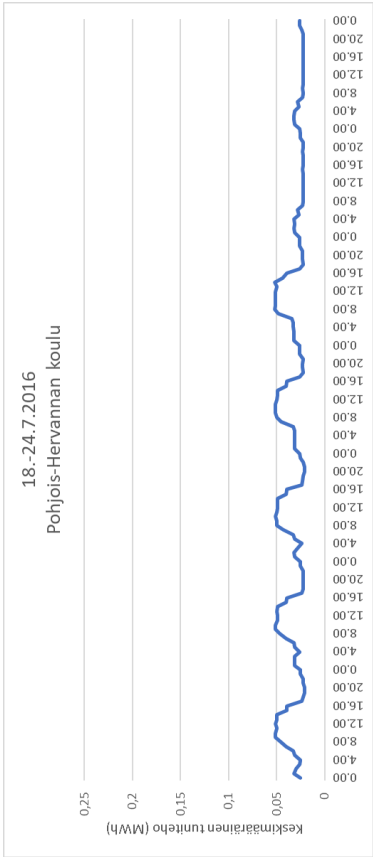




Liite 13. Pohjois-Hervannan koulun kuvaajat

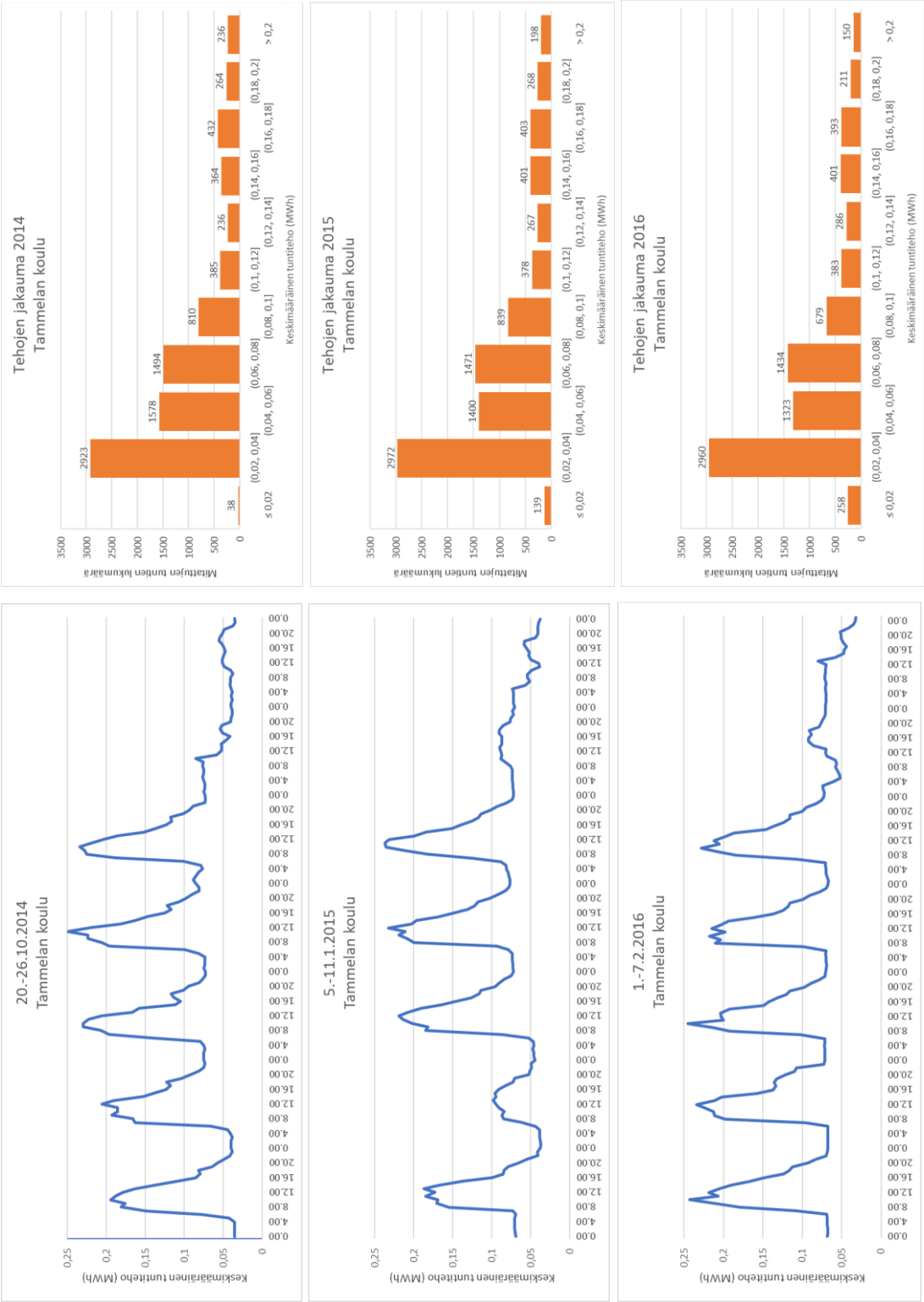
1 (2)

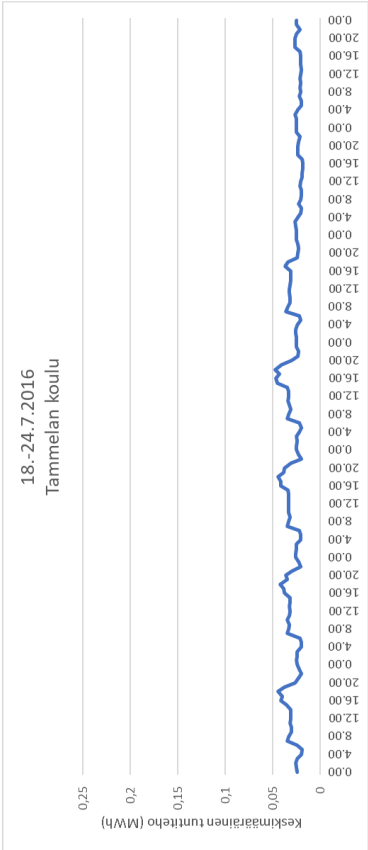
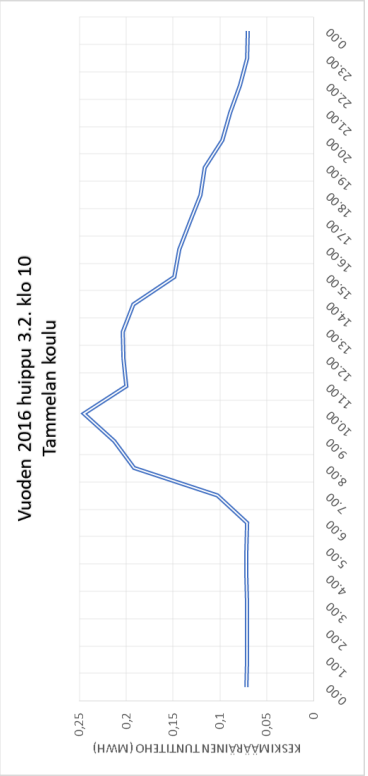
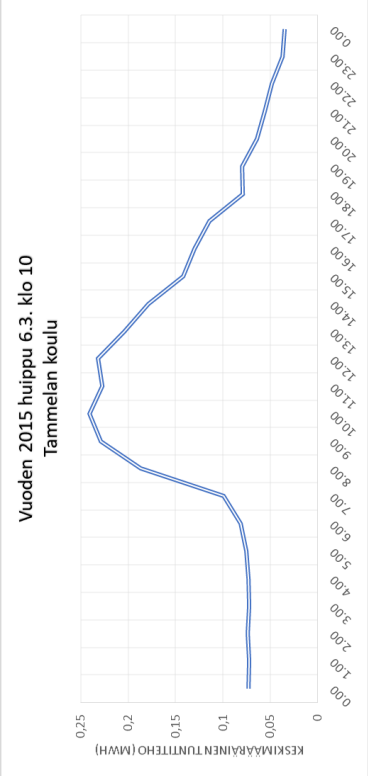
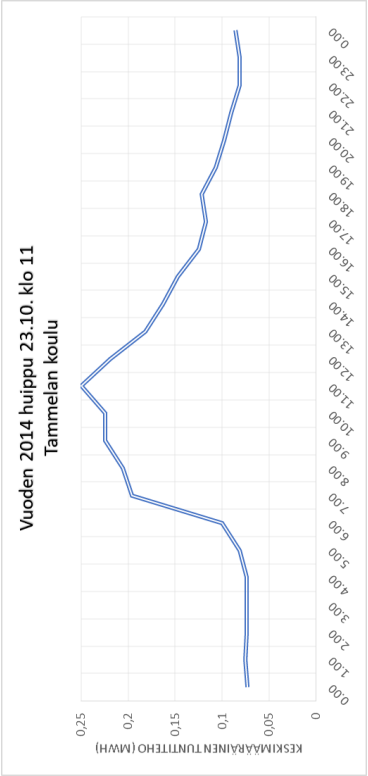




Liite 14. Tammelan koulun kuvaajat

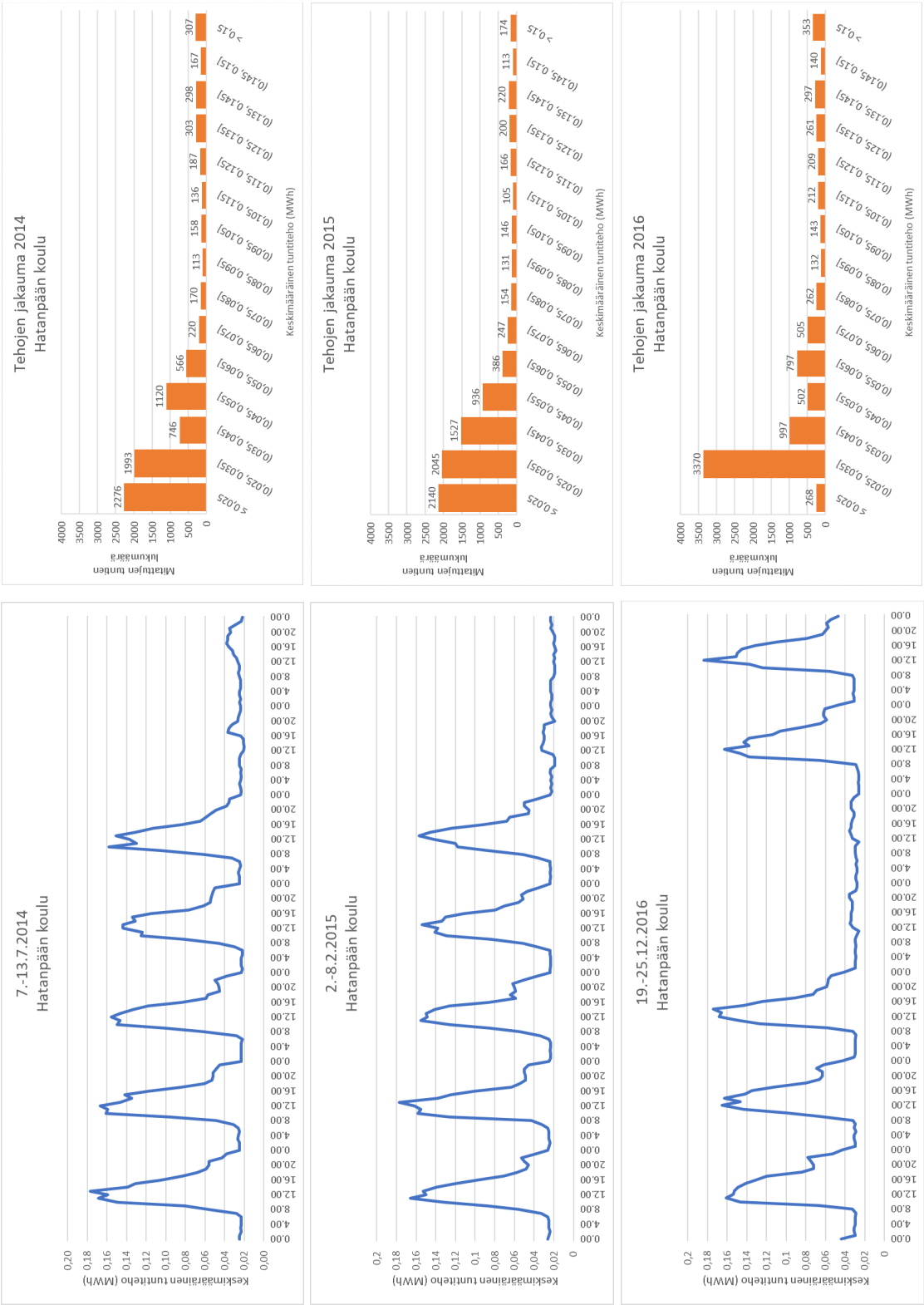
1 (2)



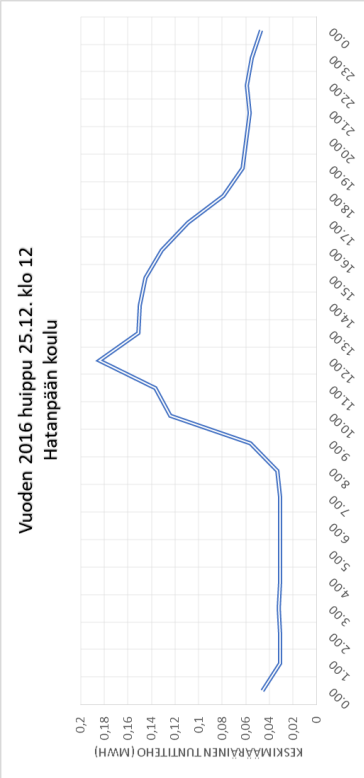
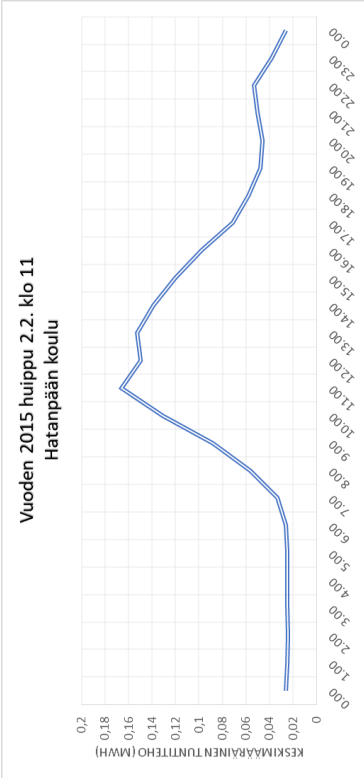
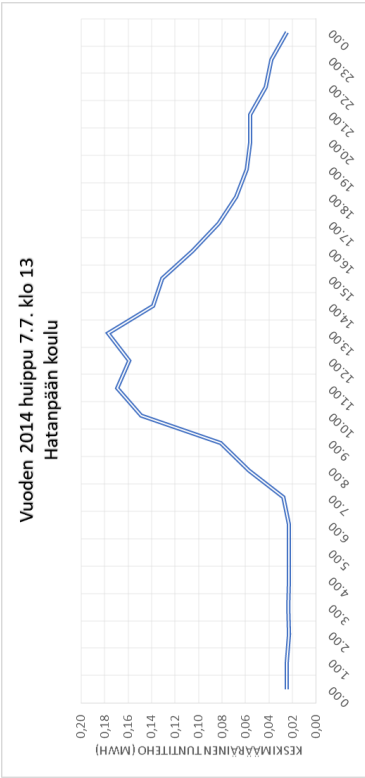
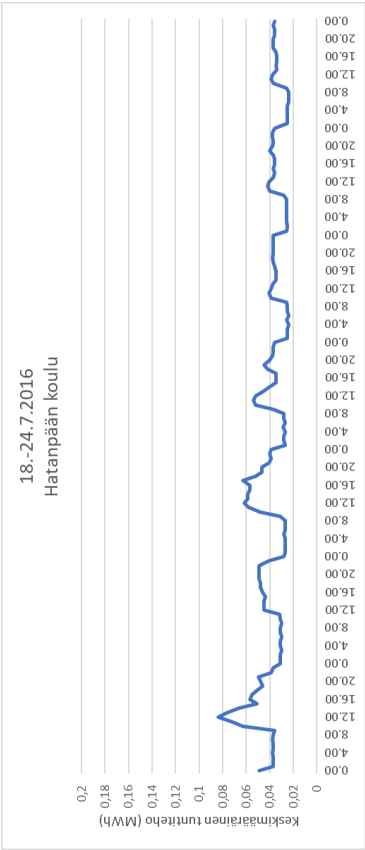


Liite 15. Hatanpään koulun kuvaajat

1 (2)

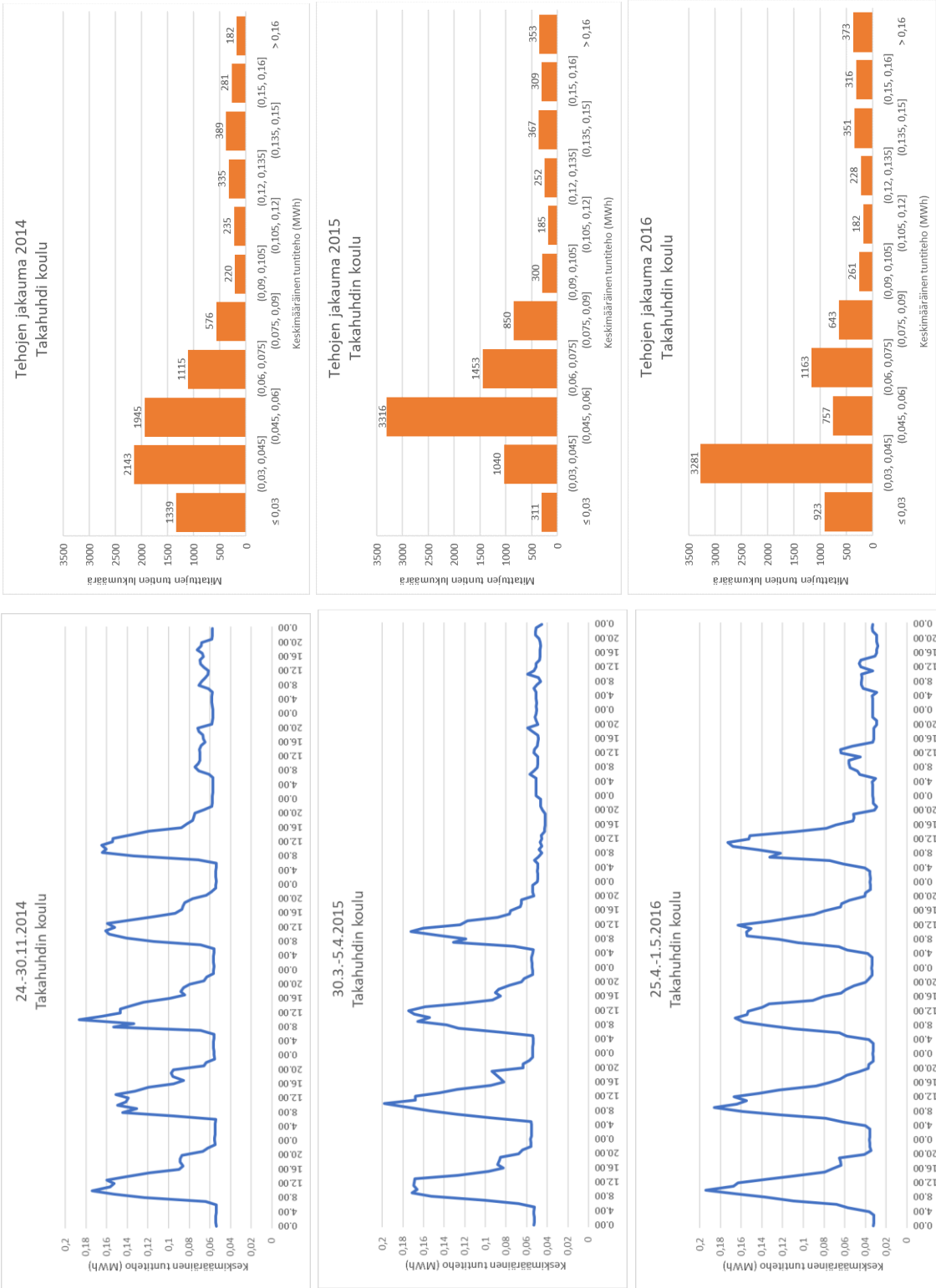


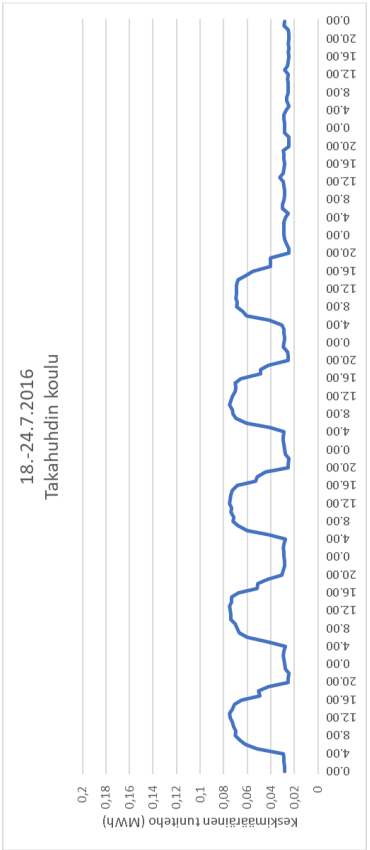
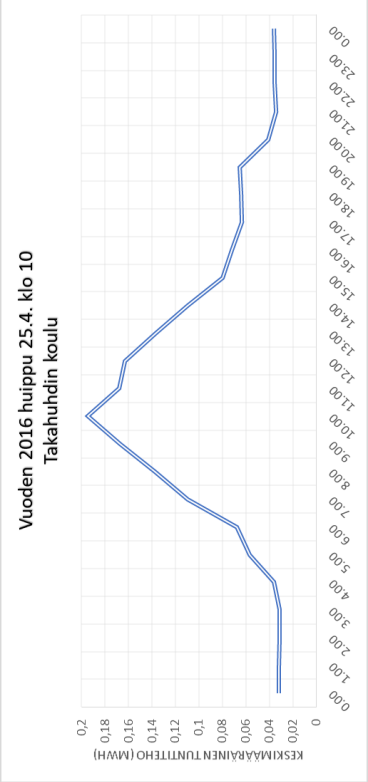
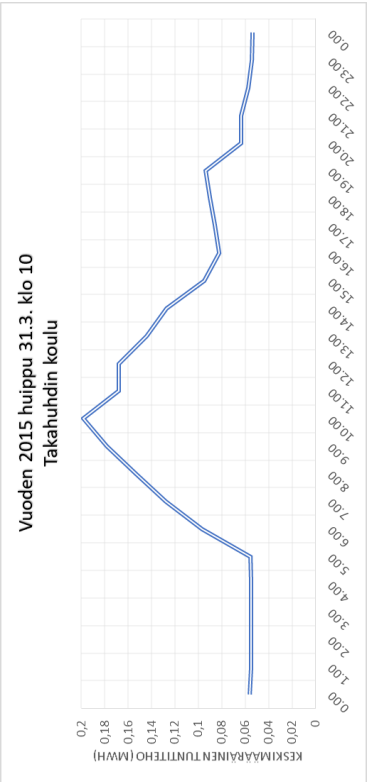
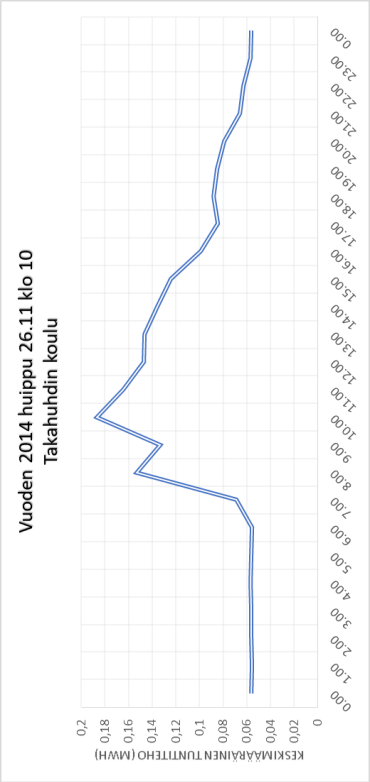




Liite 16. Takahuhdin koulun kuvaajat

1 (2)





Liite 17. Nekalan koulun kuvaajat

1 (2)

